

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-193865

(43)Date of publication of application : 09.07.2003

(51)Int.Cl.

F02C 7/26

F01K 23/02

F02C 3/10

F02C 6/00

F02C 7/08

F02C 9/00

H01M 8/00

(21)Application number : 2001-396111

(71)Applicant : KANSAI TLO KK

(22)Date of filing : 27.12.2001

(72)Inventor : TEJIMA KIYOMI
SUZUKI KENJIRO

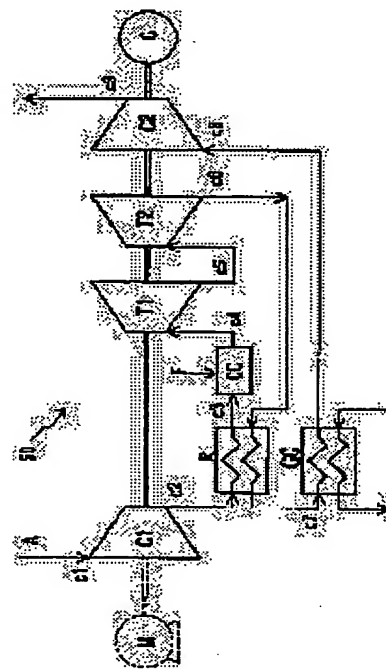
(54) GAS TURBINE POWER GENERATION SYSTEM, GAS TURBINE POWER SYSTEM, AND STARTING METHOD THEREFOR

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a gas turbine power generation system capable of further improving thermal efficiency when compared with a conventional regenerative microgas turbine.

SOLUTION: In this gas turbine power generation system having an intake compressor, a preheating or combustion device, a turbine, a regenerator, and a generator, a second turbine and a second heat cycle mechanism composed of a pressure restoration compressor are provided together on an exhaust side of the turbine to supply exhaust gas of the turbine to the second turbine and expand its outlet pressure excessively below the atmospheric pressure, then its outlet gas is introduced into the pressure restoration compressor after passing through the regenerator to raise its exhaust pressure up to the vicinity of the atmospheric pressure, discharge it into the atmosphere, and drive the generator. Owing to the configuration, quantity of heat discharged to the outside without being converted to work in the inputted heat energy is reduced, an output is increased, and energy

Furthermore, if exhaust gas of the second turbine is introduced into the pressure restoration compressor after passing through the regenerator and a gas cooling device in the second heat cycle mechanism, an output is increased and thermal efficiency is improved further.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than

BEST AVAILABLE COPY

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-193865

(P2003-193865A)

(43) 公開日 平成15年7月9日(2003.7.9)

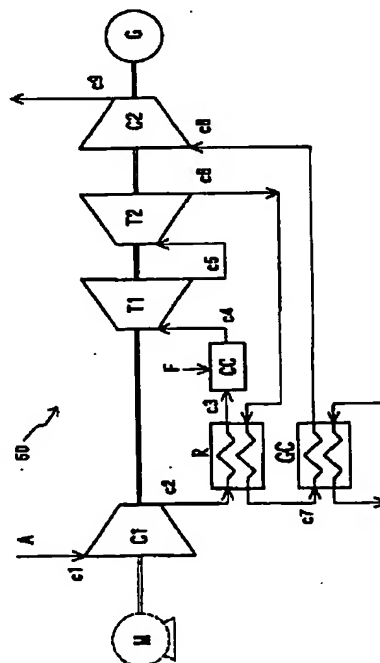
(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	ターミナル(参考)
F 0 2 C 7/26		F 0 2 C 7/26	E 3 G 0 8 1
			D
F 0 1 K 23/02		F 0 1 K 23/02	Z
F 0 2 C 3/10		F 0 2 C 3/10	
6/00		6/00	E
審査請求 未請求 請求項の数13 O L (全 17 頁) 最終頁に続く			
(21) 出願番号	特願2001-396111(P2001-396111)	(71) 出願人	899000046 関西ティール・エル・オー株式会社 京都府京都市下京区中堂寺栗田町93番地
(22) 出願日	平成13年12月27日(2001. 12. 27)	(72) 発明者	手島 清美 岡山県岡山市当新田94番地の28
		(72) 発明者	鈴木 健二郎 京都府京都市左京区吉田本町(番地なし) 京都大学内
		(74) 代理人	100068032 弁理士 武石 靖彦 (外2名)
		F ターム(参考)	3G081 BA11 BA20 DA22

(54) 【発明の名称】 ガスタービン発電システム及びガスタービン動力システムおよびその起動方法

(57) 【要約】

【課題】 従来の再生式マイクロガスタービンと比較して更なる熱効率の向上を図ったガスタービン発電システムを提供する。

【解決手段】 吸気圧縮機、予熱又は燃焼装置、タービン、再生器及び発電機を有するガスタービン発電システムにおいて、タービンの排気側に第2のタービンと復圧圧縮機からなる第2の熱サイクル機構を併設し、タービンの排ガスを第2のタービンに供給しその出口圧を大気圧以下迄過膨張させた後、この出口ガスを再生器を介した後復圧圧縮機に導入してその排出圧力を大気圧付近まで上昇させて大気中に放出させると共に発電機を駆動する。上記構成により入力された熱エネルギーの内仕事に変換されずに外部へ放出される熱量を少なくし、出力増大させると共にエネルギー利用効率を改善する。更に第2の熱サイクル機構において第2のタービンの排ガスを再生器とガス冷却器を介した後復圧圧縮機に導けば更なる出力増大と熱効率向上が図られる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 大気を吸入圧縮する吸気圧縮機と、この吸気圧縮機を介して取り込まれた圧縮空気を燃料ガスと混合して予熱または燃焼させる装置（以下燃焼器という）と、この燃焼器からの高温高圧ガスで駆動されるタービンとを備え、タービンの排ガスを再生器を介して前記吸気圧縮機の出口空気と熱交換して、これを冷却し低温排ガスとして大気中に放出させるガスタービンシステムにおいて、

前記タービン（以下第1のタービンという）の排気側に、第2のタービン（以下過膨張タービンという）と復圧圧縮機からなる第2の熱サイクル機構を併設し、前記第1のタービンの排ガスを第2のタービンに供給しその出口圧を大気圧以下まで過膨張させたのち、この出口ガスを復圧圧縮機に導入してその排出圧力を大気圧付近まで上昇させて大気中に放出させるとともに、前記第1及び第2のタービンの一方または双方の出力によって発電機を駆動することを特徴とするガスタービン発電システム。

【請求項2】 前記吸気圧縮機を介して取り込まれた圧縮空気を再生器を介して燃焼器に導くとともに、過膨張タービンの排ガスを前記再生器に導き、過膨張された排ガスと吸気圧縮機の出口空気との間で熱交換したのち、この排ガスを冷却器を通して更に冷却したのち復圧圧縮機に導くことを特徴とする請求項1に記載のガスタービン発電システム。

【請求項3】 空気極と燃料極からなる燃料電池と、空気予熱器とを併せ備え、前記吸気圧縮機を介して取り込まれた圧縮空気を空気予熱器を通して燃料電池の空気極に供給し、その出口ガスを助燃ガスと混合して燃焼させたのち第1のタービンに導くことを特徴とする燃料電池を併用してなる請求項1または2に記載のガスタービン発電システム。

【請求項4】 前記燃料電池の燃料極に、吸気圧縮された空気を燃焼させるための燃料ガスと同種の燃料を導入し、燃料極からの排出ガスによって第1のタービンへの給気を燃焼させることを特徴とする請求項3に記載のガスタービン発電システム。

【請求項5】 過膨張タービンと復圧圧縮機からなる第2の熱サイクル機構を過給機をもって構成してなる請求項1乃至4の何れかに記載のガスタービン発電システム。

【請求項6】 過膨張タービンと復圧圧縮機からなる第2の熱サイクル機構を、前記第1のタービンの回転軸とは別の第2の回転軸に設置してなる請求項1乃至5の何れかに記載のガスタービン発電システム。

【請求項7】 第1のタービンと過膨張タービンとの接続流路に再燃器を設置し、第1のタービンの出口排ガスを再度燃焼させたのち過膨張タービンへ供給することを特徴とする請求項1乃至6の何れかに記載のガスタービ

ン発電システム。

【請求項8】 大気を吸入圧縮する吸気圧縮機と、この吸気圧縮機を介して取り込まれた圧縮空気を燃料ガスと混合して予熱または燃焼させる装置（以下燃焼器という）と、この燃焼器からの高温高圧ガスで駆動されるタービンとを備え、タービンの排ガスを再生器を介して前記吸気圧縮機の出口空気と熱交換して、これを冷却し低温排ガスとして大気中に放出させるガスタービンシステムにおいて、

10 前記タービン（以下第1のタービンという）の排気側に、第2のタービン（以下過膨張タービンという）と復圧圧縮機からなる第2の熱サイクル機構を併設し、前記第1のタービンの排ガスを第2のタービンに供給しその出口圧を大気圧以下まで過膨張させたのち、この出口ガスを復圧圧縮機に導入しその排出圧力を大気圧付近まで上昇させて大気中に放出させるとともに、前記第1及び第2のタービンの一方または双方の出力軸から動力を取り出すことを特徴とするガスタービン動力システム。

20 【請求項9】 前記吸気圧縮機を介して取り込まれた圧縮空気を再生器を介して燃焼器に導くとともに、過膨張タービンの排ガスを前記再生器に導き、過膨張された排ガスと吸気圧縮機の出口空気との間で熱交換したのち、この排ガスを冷却器を通して更に冷却して復圧圧縮機に導くことを特徴とする請求項8に記載のガスタービン動力システム。

【請求項10】 過膨張タービンと復圧圧縮機からなる第2の熱サイクル機構を過給機をもって構成してなる請求項8または9に記載のガスタービン動力システム。

30 【請求項11】 過膨張タービンと復圧圧縮機からなる第2の熱サイクル機構を、前記第1のタービンの回転軸とは別の第2の回転軸に設置してなる請求項8乃至10の何れかに記載のガスタービン動力システム。

【請求項12】 第1のタービンと過膨張タービンとの接続流路に再燃器を設置し、第1のタービンの出口排ガスを再度燃焼させたのち過膨張タービンへ供給することを特徴とする請求項8乃至11の何れかに記載のガスタービン動力システム。

40 【請求項13】 大気を吸入圧縮する吸気圧縮機と、この吸気圧縮機を介して取り込まれた圧縮空気を燃料ガスと混合して予熱または燃焼させる装置（以下燃焼器という）と、この燃焼器からの高温高圧ガスで駆動されるタービンと、このタービンの排気側に接続され電動発電機を駆動する過膨張タービンと、この過膨張タービンの排ガスを再度圧縮する復圧圧縮機と、この復圧圧縮機の入口側流路に外気を直接取り入れるための補助吸気弁とを備えたガスタービン発電システムを起動する方法であって、

50 a) まず補助吸気弁を開いた状態で、電動発電機に電力を供給し吸気圧縮機及びタービンを電動で始動する工程、

- b) タービン軸の回転速度が上昇するに従って増大する吸気圧縮機の吸気量とその出口圧力の上昇を監視する工程、
 c) この出口圧力が所定値に達したとき、燃焼器に燃料を投入して着火する工程、
 d) 燃料を徐々に増量して定格回転に達するまで燃料を増やす工程、
 e) 徐々に補助吸気弁を閉じ、復圧圧縮機の入口圧が徐々に負圧になることによってタービン軸に動力が発生し、電動発電機がモーターから発電機へと移行していく状況を確認する工程、
 f) この状態から更に燃料を投入し、投入燃料量に応じて発電出力を増加させ、最終的に定格出力にもたらし工程を経て定常運転状態に到達させることを特徴とするガスタービン発電システムの起動方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、ガスタービン発電システム、特に、再生式マイクロガスタービン発電システムの改良に関する。

【0002】

【従来の技術】従来型の電力政策は、大型火力発電装置や原子力発電装置などの大規模な発電装置をコアとする集中型発電システムが主流であったが、近年における電力需要の増加に対応するため、電力の必要な各場所にマイクロガスタービン（ガスタービンを小型化したもの。およそ300kW以下の定格出力を有するものを総称してこう呼んでいる。）による発電装置を設置して電力供給を行う分散型発電システムが実施されつつある。

【0003】このマイクロガスタービンによる発電システムは、発電コストが低廉なことから、さらなる普及が期待される技術分野である。現在、マイクロガスタービンの多くは、その熱効率を向上させるためタービン排ガスで燃焼用空気を予熱する再生式ガスタービンサイクルを採用している。

【0004】ここで従来例のガスタービンによる発電装置を添付図面に基づいて説明をする。先ず、図1はガスタービンの構成略図を示す。吸気圧縮機Cで吸気された空気a1（およそ15℃、100kPa。以下同様）は圧縮されて高圧空気a2（約150℃、300kPa）になり、この空気a2は再生器Rに導かれて温度上昇し、この温度上昇した空気a3（約700℃、300kPa）は燃焼器CCに導かれ、燃料源から投入された燃料がこの空気a3と混合して燃焼することにより高温高圧ガスa4（約1000℃、290kPa）となる。このガスa4は膨張タービンTに導かれて、その熱エネルギーをブレードの運動エネルギー（回転）に変換して膨張し、低圧（略大気圧）になった排ガスa5（約800℃、100kPa）は再生器Rに導かれる。この再生器Rに導かれたガスa5の排熱は空気a2の温度上昇に利用され、大気a6（約280℃、100kPa）に排出される。こ

の場合、膨張タービンTの出力軸に連結される発電機Gは、概ね膨張タービン（T）出力から吸気圧縮機（C）入力を差し引いた量の入力を受け、これを電気エネルギーに変換することになる。次に、図2はT-S線図を示す。縦軸Tは温度を示し、横軸Sはエントロピーを示すものであって、上記した空気a1、a2、a3及びガスa4、a5、a6の温度とエントロピーの状態をプロットして実線で結んだもので、これらの線分で囲んだ面積が仕事量となる。

【0005】次に、ガスタービン機関と燃料電池とを併せ用いたガスタービン発電システムの別の従来例について図3及び図4に基づいて説明をする。図3はその構成略図であり、また図4はそのT-S線図である。ただし、T-S線図によっては燃料電池の部分は表現できないため、図4はガスタービン部のT-S線図のみを示している。吸気圧縮機Cで吸気された空気b1は圧縮されて高圧空気b2になり、この空気b2は再生器Rに導かれて温度上昇して空気b3になる。この空気b3を空気加熱器（空気予熱器AH）に導き、燃料を投入して加熱することにより約1000℃の高温空気b4として排出する。この高温空気b4を燃料電池FCの空気極側に導き、燃料極側には水素等の燃料F2を導入する。そして、空気b4中の酸素と、燃料F2中の水素との化学反応を利用して直流電流を発生させる。この直流電流は交流に変換して利用しても良い。この燃料電池FCから排出された高温空気b5は、未だ未燃焼燃料を含むため、これを燃焼器CCに導いて完全燃焼させたその燃焼ガスb6を膨張タービンTに導く。膨張タービンTで燃焼ガスb6は膨張して低圧（略大気圧）の排ガスb7となり、この排ガスb7は再生器Rに導かれ、空気b2の温度上昇に利用される。この場合、燃料電池FCによる電気出力と膨張タービンTに直結された発電機Gの電気出力の合計が電気出力となり、ガスタービン単独で発電システムを構成した場合に比べてより多くの電気出力が得られる。

【0006】しかしながら、上記のガスタービン機関におけるエネルギー変換効率は現状ではまだ十分に高いとは言えず、今後さらなる普及を図るに当たってはこれを引き上げることが欠かせない技術課題となっている。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】従って本発明の課題は、従来の再生式マイクロガスタービンと比較してさらなる熱効率の向上を図ったガスタービン発電システムを提供することにある。本発明者らは、再生式ガスタービン機関において、膨張タービンの排気を大気圧以下の圧力になるまで過膨張させ、それによって得られた排気を冷却した後、再び大気圧近傍まで別の圧縮機を用いて圧縮してから大気中に放出するという一連の工程を付加することにより、ガスタービン機関から機械的な仕事に変換されることなく外部に放出されて行く熱量を減少させ

ることができ、ガスタービン機関の燃費と比出力を向上させることが可能となることを見出し、本発明を完成した。

【0008】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するため、本発明のガスタービン発電システムは、大気を吸入圧縮する吸気圧縮機と、この吸気圧縮機を介して取り込まれた圧縮空気を燃料ガスと混合して予熱または燃焼させる装置（以下燃焼器という）と、この燃焼器からの高温高压ガスで駆動されるタービンとを備え、タービンの排ガスを再生器を介して前記吸気圧縮機の出口空気と熱交換して、これを冷却し低温排ガスとして大気中に放出させるガスタービンシステムにおいて、前記タービン（以下第1のタービンという）の排気側に、第2のタービン（以下過膨張タービンという）と復圧圧縮機からなる第2の熱サイクル機構を併設し、前記第1のタービンの排ガスを第2のタービンに供給しその出口圧を大気圧以下まで過膨張させたのち、この出口ガスを復圧圧縮機に導入してその排出圧力を大気圧付近まで上昇させて大気中に放出させるとともに、前記第1及び第2のタービンの一方または双方の出力によって発電機を駆動することを特徴とするものである。さらに、前記吸気圧縮機を介して取り込まれた圧縮空気を再生器を介して燃焼器に導くとともに、過膨張タービンの排ガスを前記再生器に導き、過膨張された排ガスと吸気圧縮機の出口空気との間で熱交換したのち、この排ガスを冷却器を通して更に冷却したのち復圧圧縮機に導くようにすることで、本発明のガスタービン発電システムの出力増大、及び熱効率のさらなる向上を図ることが可能となる。

【0009】このような、本発明の第2の熱サイクル機構による過膨張・復圧圧縮工程を付加したガスタービンサイクルは、従来の再生式ガスタービンサイクルと比較して、入力された熱エネルギーの内、仕事に変換されることなく外部へ放出されて行く熱量が少なくなるのでエネルギー利用効率を改善できると同時に、電気出力をより多く取り出すことができる。またさらに、水素燃料を使用した場合には二酸化炭素排出量はゼロとなる。また構成主要機器は圧縮機、タービン、燃焼器、熱交換器及び発電機であって、特別な技術や機器を必要とすること無く簡便にシステムを構成することが可能である。加えて本発明のガスタービン発電システムは、燃料電池と簡単に組み合わせることが可能であって、さらなるエネルギー利用効率の向上を図ることが可能となる。

【0010】さらに本発明のガスタービン発電システムをマイクロガスタービン発電システムへ適用することを考慮すれば、①前記ガスタービン発電システムからの軸出力を300kW以下、②前記吸気圧縮機の吸入流量を3.0kg/sec以下、とし、また③前記吸気圧縮機の圧力比を2.0乃至5.0の範囲とし、④前記ガスタービン発電システムのタービン部が第1のタービン（通常の膨張タービン

部）と第2のタービン（過膨張タービン部）からなる場合において前記第2タービンの圧力比を1.5乃至2.0の範囲とするか、又は⑤タービン全体（第1のタービンと第2のタービン）の最大圧力と最小圧力との比を3.0乃至10.0の範囲とすることが好ましい。このように構成することで本発明のガスタービン発電システムは、入口側タービン（第1のタービン）の圧力比、過膨張タービン（第2のタービン）の圧力比がともに小さいので、特別な耐圧構造や機密構造をとる必要がなく、経済的な設計が可能となる。さらに、吸気流量が少なく、過膨張タービンの圧力比が小さいことは容積流量の最大値も小さいことを意味しており、低圧側の機器を2ケーシングに分割する必要がなく、コンパクトな設計を実現できる。

【0011】又上述の特徴を有する本発明のガスタービン発電システムの起動方法としては、大気を吸入圧縮する吸気圧縮機と、この吸気圧縮機を介して取り込まれた圧縮空気を燃料ガスと混合して予熱または燃焼させる装置（以下燃焼器という）と、この燃焼器からの高温高压ガスで駆動されるタービンと、このタービンの排気側に接続され電動発電機を駆動する過膨張タービンと、この過膨張タービンの排ガスを再度圧縮する復圧圧縮機と、この復圧圧縮機の入口側流路に外気を直接取り入れるための補助吸気弁とを備えたガスタービン発電システムを起動する方法であって、

- a) まず補助吸気弁を開いた状態で、電動発電機に電力を供給し吸気圧縮機及びタービンを電動で始動する工程、
- b) タービン軸の回転速度が上昇するに従って増大する吸気圧縮機の吸気量とその出口圧力の上昇を監視する工程、
- c) この出口圧力が所定値に達したとき、燃焼器に燃料を投入して着火する工程、
- d) 燃料を徐々に増量して定格回転に達するまで燃料を増やす工程、
- e) 徐々に補助吸気弁を閉じ、復圧圧縮機の入口圧が徐々に負圧になることによってタービン軸に動力が発生し、電動発電機がモーターから発電機へと移行していく状況を監視する工程、
- f) この状態から更に燃料を投入し、投入燃料量に応じて発電出力を増加させ、最終的に定格出力にもたらし工程、を経て定常運転状態に到達させるようにしたことを特徴とするものである。

【0012】このように、本発明のガスタービンシステムは熱効率が高く、従来のガスタービンシステムより軸駆動力を多く取り出せるため、動力システムとしても有用である。従って、第2の熱サイクル機構を併設した本発明のガスタービン発電システムにおいて、発電機に代え、また発電機と共に、出力タービンの軸端にプロペラ等の回転機械負荷を接続して第1及び第2のタービンの一方または双方から動力を取り出すようにすれば、本発

明のガスタービンシステムを発電用途以外にも使用し得るガスタービン動力システムとして活用できる。さらに前記第2の熱サイクル機構において、過膨張タービンの排ガスを再生器とガス冷却器を介して冷却したのち復圧圧縮機に導くようにすることで、このガスタービン動力システムの出力増大と、熱効率のさらなる向上を図ることが可能となる。尚本発明は上記構成に限定されず、上記構成に基づくさらなる別の構成並びにそれに対応した起動方法をも、それぞれ特徴とするものである。

【0013】

【発明の実施の形態】以下、本発明を実施するに当たり好適なガスタービン発電システムの構成例を、図面を参照しながら順に示して説明する。

【0014】第1実施形態

図5は、本発明のガスタービン発電システムの一実施形態を示すものである。この図は本発明によるガスタービン発電システムの構成略図であり、また図6はそのT-S線図である。本実施例においてガスタービン発電システム50は吸気圧縮機C1、再生器R、燃焼器CC、膨張タービンT1、過膨張タービンT2、ガス冷却器GC、復圧圧縮機C2及び電動発電機Gとからなる。以下において、膨張タービンT1及び過膨張タービンT2を経て行う膨張を、単一のタービンによって行っても良く、この場合であっても作動原理は同様である。また、電動発電機Gは高周波電力を取扱い得るもので有ればよい。また電動発電機Gは通常の発電機単独のものとし、初期駆動を吸気圧縮機C1に直結した電動機Mまたは他の適当な起動装置で行っても良い（図5に破線で示す）。次に、上記構成からなる本実施形態のガスタービン発電システムの作動原理を説明する。吸気c1（およそ15°C、100kPa。以下同様）は吸気圧縮機C1において圧縮されて高圧空気c2（約130°C、250kPa）となり再生器Rの空気側に入って排気ガスと熱交換して温度が上昇する（空気c3、約700°C、250kPa）。その後燃焼器CCに入り、燃焼器では投入された燃料Fが空気と混合されて燃焼し、燃焼器CCを出た排ガスは高温・高圧ガスc4（約1000°C、240kPa）となって膨張タービンT1に導かれる。膨張タービンで燃焼ガスは膨張して低圧（略大気圧）の排ガスc5（約830°C、100kPa）となる。排ガスc5はさらに過膨張タービンT2に導かれて大気圧以下の圧力になるまで過膨張される（排ガスc6、約750°C、68kPa）。この時、燃焼器出口（c4）から過膨張タービン出口（c6）までの膨張比を小さく設定すれば過膨張タービン出口（c6）の排気温度が大幅に低下しない状態で再生器Rに入る。また燃焼器出口（c4）から過膨張タービン出口（c6）までの膨張を単一のタービンで行うこともできる。再生器Rで排ガスc6は吸気圧縮機出口空気（c2）と熱交換してさらに温度が下がる（排気c7、約200°C、67kPa）。再生器を出たガスc7はガス冷却器CCに入りさらに大気温度に近付けるように冷却されて復圧圧縮機C2に入る（排気c8、約35°C、66kPa）。次いで復圧

圧縮機によって大気圧まで圧縮された後、大気に放出される（排気c9、約85°C、100kPa）。尚ガス冷却器の伝熱面積を大きくすれば排気c8の排ガス温度を常温近くまで下げることが可能である。さらに、より低温の冷媒を使用することによって排気c9の排ガス温度を常温付近まで下げることが可能である。この時の電気出力は概ねタービン出力（T1とT2の和）から圧縮機入力（C1とC2の和）を引いた差として取り出される。

【0015】図6は、図5に対応したT-S線図を示している。縦軸Tは温度を示し、横軸Sはエントロピーを示している。この図は、上記した空気（ガス）の温度及びエントロピーの状態をプロットして実線で結んだものであって、これらの線分で囲んだ全体面積が仕事量となるため、面積が大きい程発電電力量も多くなる。従来例である図2と比較すれば、与えた熱量は同じながら、仕事に変換されずに放出される熱量が低減されており、本発明のガスタービン機関はエネルギー利用効率が向上していることがわかる。

【0016】続いて、本実施形態のガスタービン発電システムの特性について説明する。本実施形態に関する特性計算を行った結果の一例を図7及び図8に示す。本発明はいわゆるマイクロガスタービンシステムとしての適用を想定しており、以下の計算例についても数kwから数十kw程度の定格出力を有するマイクロガスタービンシステムを構成した場合を想定して計算を行った。図7は発電効率を、図8は比出力を示す。図中の30（四角プロット）は本発明によるガスタービン発電システム、31（丸プロット）は従来技術によるガスタービン発電システムの特性を示している。尚従来技術との比較のため、計算条件は以下のように揃えてある。さらに復圧圧縮機の圧力比は1.5とした。

【0017】

【表1】

使用燃料		メタン
タービン(T1)入口温度		1,000°C
吸気圧縮機断熱効率 η_{c1}		75%
復圧圧縮機断熱効率 η_{c2}		75%
タービン断熱効率 η_{T1}		75%
過膨張タービン断熱効率 η_{T2}		75%
再生器温度効率 η_R		90%
燃焼器圧縮率 ϵ_{cc}		3%
再生器圧縮率	空気側 ϵ_{RA}	2%
	ガス側 ϵ_{RG}	1%
ガス冷却器温度効率 η_{co}		90%
機械効率 η_m		95%
高周波発電機効率 η_{GEN}		98%
インバータの変換効率 η_{INV}		95%

【0018】このような条件で計算を行った結果、本発明のガスタービン発電システムの発電効率は圧力比が2.5において最大効率を示し約32-33%である。最大比出力は圧力比4で約135kJ/kgであり、圧力比2.5では約125kJ/kgである。これを図中の従来技術と比較すると、最大効率を示す圧力比のところで比較すると発電効率で約5ポイント上回っており、比出力では約30kJ/kg上回っていることになる。

【0019】第2実施形態

図9は、ガスタービン機関と燃料電池とを併せ用いて本発明のガスタービン発電システムを構成した場合の好適な実施形態を示すものである。この図は本発明によるガスタービン発電システムの構成略図であり、また図10はそのT-S線図である。ただし、従来例で示した通り、図10はガスタービン部のT-S線図のみを表わすものである。本実施形態においてガスタービン発電システム50は吸気圧縮機C1、再生器R、空気予熱器AH、燃料電池FC、燃焼器CC、膨張タービンT1、過膨張タービンT2、ガス冷却器GC、復圧圧縮機C2及び電動発電機Gとからなる。燃料電池FCは、空気極Caに通じられる作動気体が高温・高圧である点を考慮すれば、加圧型燃料電池であることが好ましい。また、この加圧型燃料電池としては、固体電解質型や熔融炭酸塩型のものを用いることが好ましい。尚、燃料電池の空気極及び燃料極のそれぞれに入力される作動気体の入口圧力および温度は、略同一であることが好ましい。又燃料の予熱には燃料予熱器(H)を用いることが適当である。以下の実施形態等についても同様である。次に、上記構成からなる本実施形態のガスタービン発電システムの作動原理を説明する。吸気d1は吸気圧縮機C1において圧縮されて高圧空気d2となり再生器Rに入って、後述する過膨張タービンT2からの排出ガスd8と熱交換して温度が上

昇する(排気d3)。しかる後排気d3を空気加熱器(空気予熱器AH)に導いて燃料F1を導入して約1,000°Cの高温空気とし、これを燃料電池FCの空気極側Caに導く(排気d4)。一方、燃料電池の燃料極側Anでは、燃料予熱器Hを用いて略同温度に予熱された水素などの燃料F2が投入され、これらが燃料電池内で化学反応を起こして直流電流を発生させる。通常はこれをインバータINVにより商用周波数の交流へと変換して利用する。尚、燃料F1乃至F3は同一のもので、燃料電池との親和性を考えればメタン系燃料、或いは水素系燃料が好ましい。ただし、メタン系燃料の場合には燃料改質器が必要である。さらに、燃料電池は発熱反応であるため、これを冷却する必要がある。この冷却熱を用いて再生器Rを出たd3の空気をさらに予熱すれば予熱燃料F1の低減に役立てることができ。燃料電池を出たガスd5には、10-20%の未燃焼燃料が含まれている。これを燃焼器CCに導き、未燃燃料を完全燃焼させるために要すれば若干量の補助燃料F3を追加してこれらを完全燃焼させ、その排ガスを膨張タービンT1に導く(排気d6)。燃焼ガスd6は膨張タービンT1で膨張して低圧(略大気圧)の排ガスd7となり、さらに過膨張タービンT2で大気圧以下の圧力になるまで過膨張した後再生器Rへ導かれる(排気d8)。排気d8は圧縮機出口空気d2と熱交換してさらに温度が下がる(排気d9)。これをさらにガス冷却器CCに導いて大気温度に近付くように冷却して排気d10とした後復圧圧縮機C2により大気圧近くまで圧縮して大気へ放出させる(排気d11)。

【0020】図10は、図9に対応したT-S線図を示す。第1実施形態と類似の形で示した。図4に示す従来例のT-S線図と同じく、図9はガスタービン部のT-S線図のみを示している。従って、このT-S線図の面積のみではシステム全体の総発電量は表現できないが、燃料電池の発電量が加わるため総発電量は増大している。

【0021】続いて、本実施形態のガスタービン発電システムの特性について説明する。本実施形態についても、第1実施形態と同様の特性計算を行った。計算に用いたパラメータについては上述の第1実施形態と同様の値を用いている。ただし本実施形態では燃料電池を併用しているため、燃料は水素とし、改質器を必要としないシステム構成を考慮して計算を行った。その結果、本実施形態のガスタービン発電システムによれば発電効率は圧力比が4.0において最大効率を示し約60%である。最大比出力は圧力比4.0で約670kJ/kgであり、また圧力比2.5では約530kJ/kgである。これを従来技術と比較すれば発電効率で約2ポイント上回っており比出力では約200kJ/kg上回っていることになる。

【0022】第3実施形態

またさらなる熱効率の向上を図ったガスタービンサイクルとして、燃焼器CCを外して膨張タービンT1と過膨張タービンT2の間に再燃器RHを設置すると、再熱・再生・中間

冷却サイクルが実現し、さらなるエネルギー利用効率向上を図ることが可能となる。その構成略図とT-S線図を図11及び図12に示す。ここでは燃料電池を併せ用いた第2実施形態のシステムに再燃器を導入した場合を示している。尚本実施形態の作動原理につき、上記した第2実施形態と相違する部分を説明する。この実施形態では、燃料電池FCの空気極Caの出口ガスe5を燃料極Anから出た燃料とともに膨張タービンT1に導入する。膨張タービン(T1)出口では膨張して低圧(略大気圧)になった排ガスe6が排出される。このガスe6を再燃器RHに導入し、燃料F3を混入して燃焼することによって再び昇温させた高温高圧ガスe7を過膨張タービンT2に導く。

【0023】なお、再燃器RHを設置する圧力ポイントについては、通常、膨張タービン(T1)入口温度と過膨張タービン(T2)入口温度は略同一されるが、この場合において膨張タービンT1の圧力比と過膨張タービンT2の圧力比の積の平方根となるポイントに選択されることが好ましい。このとき、発電効率は最大となる。

【0024】図12は、図11に対応したT-S線図を示す。このようにガスe6を再び加熱する再熱工程を組み込むことによって、本実施形態においてはガスタービン発電システムを再熱・再生・中間冷却サイクルを用いて運転でき、エネルギー効率の優れたガスタービンとすることが可能となる。また、再燃器RHの出口温度を変えることによって、ガスタービン側の負荷調整を容易に出来ると言う特徴がある。

【0025】このように、本発明による過膨張・復圧圧縮工程を付加したガスタービンサイクルにおいては、従来の再生式ガスタービンサイクルと比較して仕事に変換されずに放出される熱量を削減できるのでエネルギー利用効率を高めることができる。T-S線図で見た場合、本発明のガスタービンサイクルでは大気圧以下の領域で作動する範囲が新たに得られ、この部分が従来のガスタービンサイクルと比較して利得となっていることが分かる。以下、本発明のガスタービン発電システムを具体的に実用に供するに当たり、発電システムの起動方法、補機・付帯設備、ガスタービン発電システムのさらなる別の構成例、また発電装置でなく機械駆動用動力源として使用する場合の構成例、および燃料電池の別の適用例に関する好ましい実施例について、順に例示しつつ説明する。

【0026】

【実施例】まず、本発明のガスタービン発電システムの起動方法について説明する。尚本発明のガスタービン発電システムは再生器を使用しており、起動時にはこれをバイパスさせた方が熱容量の大きな箇所を通過しなくて済むため起動を短時間で行うことが出来るのは明らかである。

【0027】実施例1

第1実施形態の起動方法

図13及び図14は、上述した第1実施形態による本発明のガスタービン発電システムを起動するための一構成例を示している。これらはそれぞれ、図5に示すガスタービン発電システムの起動に用いる為の弁等を適宜追加して描き示したものである。

【0028】実施例1-1

以下では、第1実施形態に示したガスタービン発電システムの起動方法の一例につき図13に沿って説明する。本実施例は、ガス冷却器CCと復圧圧縮機(C2)入口をつなぐガス用配管の中間に外気を直接吸入し得るよう補助吸気弁V1を設置したものである。起動時はV1は開としておく。本実施例はシステム構造が簡単になる利点があるので急速起動・急速負荷取りを必要としない場合には有用である。起動時には電動発電機Gが起動用モーターとして作動する。以下の各実施例においても同様である。本実施例によるガスタービン発電システムの起動は次の手順に沿って行われる。①まず、V1は開としておき、タービン軸と同軸連結された電動発電機Gを起動モーターとして用いてこれを起動する。②回転速度が上昇するにしたがって、吸気圧縮機C1の吸気量と出口圧力が上昇する。③吸気圧縮機の出口圧力が所望の圧力に達したところで、燃焼器に燃料を投入し着火する。④燃料を徐々に増量してゆき、定格回転数に達するまで、燃料を増やす。⑤その後、徐々にV1を閉じてゆくと復圧圧縮機(C2)入口c8の圧力が徐々に負圧になることによってタービン-圧縮機系が機械的出力を生じることにより、電動発電機がモーターから発電機へと移行してゆく。⑥この状態からさらに燃料を投入し、投入燃料量に応じて発電出力を増加させ、最終的に定格出力を得ることが出来る。

【0029】実施例1-2

上記した起動方法では、構成は簡単なが、起動時も作動ガスが熱容量の大きい再生器を通過するので、起動に要する時間が長い可能性がある。そこで、次の図14に示すような起動方法によれば、起動に要する時間を短縮することができる。本実施例においては、ガス冷却器CCと復圧圧縮機(C2)入口をつなぐガス用配管の中間に外気を直接吸入し得るよう補助吸気弁V1を設置するとともに、再生器Rをバイパスするように吸気圧縮機(C1)出口c2と燃焼器(CC)入口c3との間に空気配管BP1を設け、そこに流量調節弁V2を設置する。また、空気配管BP1が分岐した後再生器(R)入口に至るまでの主配管M1に流量調節弁V3を設置する。起動時にはV1及びV2は開、またV3は閉としておく。このような構成を用いた起動方法によれば、起動時には作動ガスが熱容量の大きい再生器をバイパスするので、起動時間を短縮することができる。本実施例によるガスタービン発電システムの起動は次の手順に沿って行われる。①まず、V1、V2は開、V3は閉としておき、タービン軸と同軸連結された電動発電機Gを起動モーターとして用いてこれを起動する。②回転速度が上昇するにしたがって、吸気圧縮機C1の吸気量と出口圧力

が上昇する。③吸気圧縮機の出口圧力が所望の値に達したところで、燃焼器CCに燃料を投入し着火する。④燃料を徐々に増量してゆき、定格回転数に達するまで、燃料を増やす。⑤その後、徐々にV1を閉じてゆくと復圧圧縮機(C2)入口c8の圧力が徐々に負圧になることにより、タービン-圧縮機系が機械的出力を生ずることにより、電動発電機がモーターから発電機へと移行してゆく。⑥その後は投入燃料量に応じて出力が増加する。すなわち単純サイクルガスタービンとして作動する。⑦⑥の操作と平行してあるいは、その後の適切な時点において、V2を徐々に閉じると同時にV3を徐々に開いてゆくと、再生器Rに圧縮空気が通過するようになり、単純サイクルでの運転から正規の再生サイクルによる運転状態に近づき、V2が全閉、V3が全開となると定常時と同様の運転状態が得られる。なお、弁V2を閉じると同時にV3を開き始めて行く適切な時点は、タービン-圧縮機系が定格回転数に達するか、あるいは再生器の平均温度がC2の温度と略同一になった時点であることが好ましい。

【0030】実施例2

第2実施形態の起動方法

図15及び図16は、上述した第2実施形態による本発明のガスタービン発電システムを起動するための一構成例を示している。これらはそれぞれ、図9に示すガスタービン発電システムの起動に用いる為の弁等を適宜追加して描き示したものである。

【0031】実施例2-1

図15に示す本実施例は、起動用の構成要素として、図9に示すガスタービン発電システムにガス冷却器CCと復圧圧縮機(C2)入口をつなぐガス用配管の中間に外気を直接吸入し得るよう補助吸気弁V1を設置するとともに、燃料電池FCをバイパスするように再生器(R)出口と燃焼器(CC)入口との間に空気配管BP2を設け、その間に流量調整弁V4を設けたものである。さらに、空気配管BP2が分岐した後空気予熱器(AH)入口に至るまでの配管M2に流量調整弁V5を設置したものである。起動開始時点において、各弁は図中に白抜きで示したものは開放されており(V1、V4)、反対に黒く塗りつぶしたものは閉鎖されている(V5)。まずはじめに、ガスタービン機関自体の起動手順の一例を説明する。①まず、V1、V4を開、V5を閉としておき、タービン軸と同軸連結された電動発電機Gを起動モーターとして用いてこれを起動する。②回転速度が上昇するにしたがって、吸気圧縮機(C1)の吸気量と出口圧力が上昇する。③吸気圧縮機の出口圧力が所望の値に達したところで、燃焼器CCに燃料F3を投入し着火する。④燃料を徐々に増量してゆき、定格回転数に達するまで、燃料を増やす。⑤その後、徐々にV1を閉じてゆくと復圧圧縮機(C2)入口の圧力が徐々に負圧になることにより、タービン-圧縮機系が機械的出力を生ずることにより、電動発電機がモーターから発電機へと移行してゆく。⑥この状態でさらに燃料を投入すると投入燃料量に

応じて出力が増加し、最終的には定格運転の状態が得られる。次に、燃料電池の暖機、運転手順の一例について説明する。ガスタービンが単独運転の状態に入った後、①V4を徐々に閉じると同時にV5を徐々に開いて行くと燃料電池側に圧縮空気d3が通過するようになる。この状態で必要に応じて空気予熱用燃料F1を投入して暖機運転を行うことができる。②ついで燃料電池用燃料F2を投入することによって、定常時に相当する運転状態が得られる。この場合、燃焼器CCに投入された燃料F3はガスタービン入口温度が過大にならないよう、必要に応じて徐々に減らして行けば良い。この実施例によれば、弁数が少なく制御系も簡単なガスタービンの起動システムを構成できるので、急速起動を必要としない場合には効果的である。またガスタービン単独運転時においても高い発電効率を維持できると共に、ガスタービン単独運転中に必要に応じて燃料電池を暖機・起動し、ガスタービンと燃料電池とのハイブリッド運転を実現することが可能となる。

【0032】実施例2-2

20 次の図16に示した実施例によれば、先に示した実施例2-1よりガスタービンの短時間起動を実現することが可能となる。すなわち本実施例の構成によれば起動時には作動ガスは熱容量の大きい再生器をバイパスして行くので起動時間を短縮できる。本実施例においては、ガスタービン起動用に追加された構成要素は弁V1、V2、V4及びV5、並びにバイパス配管BP1及びBP2からなり、補助吸気弁V1は上記各実施例と同様の位置に設けられ、流量調節弁V5は、再生器(R)出口-空気予熱器(AH)入口間に設けられる。またバイパス配管BP1が空気圧縮機(C1)出口と燃焼器(CC)入口とを直結するように設けられ、その中間に流量調節弁V2が配置されるほか、さらなるバイパス配管BP2が再生器(R)出口-流量調節弁(V5)入口間と、燃料電池(FC)出口-燃焼器(CC)入口間とを直結するように設けられ、その途中で流量調節弁V4が配置される。起動開始時点において、各弁は図中に白抜きで示したものは開放されており(V1、V2)、反対に黒く塗りつぶしたものは閉鎖されている(V4、V5)。ガスタービン機関、及び燃料電池の起動の手順は以下の通りであって、まずガスタービン機関を起動した後、燃料電池を起動する。ガスタービン機関自体の起動は、①まず、V1、V2を開、V4、V5を閉としておき、タービン軸と同軸連結された電動発電機Gを起動モーターとして用いてこれを起動する。②回転速度が上昇するにしたがって、吸気圧縮機C1の吸気量と出口圧力が上昇する。③吸気圧縮機の出口圧力が所望の値に達したところで、燃焼器CCに燃料F3を投入し着火する。④燃料を徐々に増量してゆき、定格回転数に達するまで、燃料を増やす。⑤その後、徐々にV1を閉じてゆくと復圧圧縮機(C2)入口の圧力が徐々に負圧になることにより、タービン-圧縮機系が機械的出力を生ずることにより、電動発電機がモーターから発電機へと移行して

ゆく。⑥その後、徐々にV2を閉じてV4を開いてゆくと圧縮空気dは再生器Rを通過するようになり、熱効率は上昇する。⑦ガスタービンは投入燃料量に応じて出力が増加し、最終的に定格運転の状態に到達する。これがガスタービンの単独運転である。引き続いて燃料電池の暖機を行い、その起動・運転を行うが、その手順を以下に説明する。ガスタービンが単独運転の状態に入った後、①V4を徐々に閉じると同時にV5を徐々に開いてゆくと燃料電池(FC)側に圧縮空気d3が通過するようになる。②この状態で必要に応じて空気予熱用燃料F1および燃料電池用燃料F2を投入することにより、定常時に相当する運転状態が得られる。この場合、燃焼器Cに投入された燃料F3はタービン入口温度が過大にならないよう、必要に応じて徐々に減らして行けば良い。

【0033】実施例3

第3実施形態の起動方法

また、第3実施形態に対応した本発明のガスタービン発電システムについても、以下にその起動手順を説明する。図17は図11にガスタービン起動用の構成要素を追加した構成略図である。本実施例によれば早期起動が実現できるほか、ガスタービン単独でも、さらに燃料電池を併せ用いた場合でも再生サイクルを用いて運転可能なガスタービン発電システムを提供できる。本実施例においては、ガスタービン起動用に追加された構成要素は弁V1、V3、V5、V6及びV7、補助燃焼器B、並びにバイパス配管BP3及びBP4からなり、補助吸気弁V1は上記各実施例と同様の位置に設けられ、流量調節弁V5は、再生器(R)出口-空気予熱器(AH)入口間の中間に設けられる。またバイパス配管BP3が吸気圧縮機(C1)出口-再生器(R)入口間と、燃料電池(FC)出口-タービン(C1)入口間とを直結するように設けられ、その中間に上流側から流量調節弁V6及び補助燃焼器Bが順に配置されるほか、吸気圧縮機(C1)出口と再生器(R)入口をつなぐ空気配管の中間でかつ上記バイパス配管BP3が分岐した後流側に流量調節弁V3が配置される。さらに流量調節弁(V6)出口-補助燃焼器(B)入口間と、再生器(R)出口-流量調節弁(V5)入口間とを直結するバイパス配管BP4が設けられ、その中間に流量調節弁V7が設けられる。起動開始時点において、各弁は図中に白抜きで示したものは開放されており(V1、V6)、反対に黒く塗りつぶしたものは閉鎖されている(V3、V5、V7)。ガスタービン機関の起動は、①まず、V1、V6は開、V3、V5、V7は閉としておき、タービン軸と同軸連結された電動発電機Gを起動モーターとして用いてこれを起動する。②回転速度が上昇するにしたがって、吸気圧縮機C1の吸気量と出口圧力が上昇する。③吸気圧縮機の出口圧力が所望の値に達したところで、補助燃焼器Bに燃料F4を投入し着火する。④燃料を徐々に増量してゆき、定格回転数に達するまで、燃料を増やす。⑤その後、徐々にV1を閉じてゆくと復圧圧縮機(C2)入口の圧力が徐々に負圧になることによってタービン-圧縮

機系が機械的出力を生ずることにより、電動発電機がモーターから発電機へと移行してゆく。この状態でさらに燃料を投入すると、投入燃料量に応じて出力が増加する。⑥ここで補助燃焼器Bへの燃料投入に加えてさらに再燃器RHへ燃料を投入することで所望の発電量を得ることができる。⑦その後、V6を徐々に閉じると同時にV3、V7を徐々に開いてゆくと、再生器R側に空気が流れてゆき、V6が全閉、V3、V7が全開になると、再熱・再生型ガスタービンサイクルが形成され、このままガスタービン単独で運転可能な状態となる。以下の燃料電池の暖機・起動についても上記各実施例と同様であって、ガスタービンが単独運転の状態に入った後、①V7を徐々に閉じると同時にV5を徐々に開いて行くと燃料電池の空気極Ca側に再生器Rを出た予熱空気e3が通過するようになる。このとき必要に応じて燃料極Ar側に燃料電池用燃料F2を供給することによって定常時と同様の運転状態に達することができる。また再燃器RHに投入された燃料F3はタービン入口温度が過大にならないよう必要に応じて徐々に減らして行けば良い。

【0034】実施例4

補機・付帯設備

以下に、凝縮水の収集・排除設備について例を示して説明する。図18はガスタービン発電システムにおいて生ずる凝縮水の収集・排除設備の好適な一例を示したものである。ガスタービンサイクルにおける作動ガス中には、吸気に含まれる水分、燃料中の炭化水素と酸素との燃焼反応によって生じる水分が含まれる。それが低圧下でガス冷却器を通過して、低温・低圧状態になると凝縮水として現れて、いわゆる2相流状態になる可能性がある。この状態で復圧圧縮機に入ると圧縮機性能が低下するだけでなく、配管の腐食や羽根車のエロージョンが発生する可能性がある。この危険を避けるためにガス中の凝縮水を的確に除去する必要がある。そこで、この凝縮水の除去手段として次のようなものが考えられる。

1) まず第1の手段は、ガス冷却器GCと復圧圧縮機(C2)入口をつなぐ配管の最も低い位置にドレン溜りを設けて、ここに溜まったドレンを小型の排水ポンプによって外部に排出する手段である。

2) また第2の手段は、ガス冷却器GCと復圧圧縮機(C2)入口をつなぐ配管の途中に汽水分離器を設置して、ガス中の水分を分離する手段である。図18はこの手段を用いた凝縮水除去設備の一例を示したものである。汽水分離器としては、①導き板などによる気流の方向転換、②遠心力作用、または、③邪魔板への衝撃作用を利用するもの等を使用し得る。

3) 更に第3の手段として、ガス冷却器GC出口-復圧圧縮機(C2)入口の間を繋ぐ配管の一部を拡大配管として気流の速度を下げ、その部分に波板の邪魔板や金網のスクラバーを設けてガス中の水分を分離する手段を用いても良い。

上記いずれの手段によってもドレン水の除去は可能であるほか、これらを組み合わせた場合であっても同様である。また、上記手段によって捕集されたドレン水のドレン溜りからの排水手段としては、①小型の排水ポンプのほかに、②蒸気を使える場合には、蒸気駆動のエジェクターを使用すればよい。特に、メタン燃料を改質する場合には蒸気を必要とするので、そこから分岐して利用することが合理的である。③また圧縮空気駆動のエジェクターを使用する方法も可能である。圧縮空気は吸気圧縮機の出口空気の一部を利用すれば、特別な付属設備が不要となる利点がある。

【0035】実施例5

本発明の簡易・経済的实施形態

上記第1実施形態乃至第3実施形態とは別の構成例として、第2の熱サイクル機構を構成する過膨張タービンT2と復圧圧縮機C2を、システム本体から切り離して本発明のガスタービン発電システムを構成することも可能である。図19及び図20にその一例を示す。図19は過膨張タービンと復圧圧縮機を分離した本発明のガスタービン発電システム、また図20はこれに燃料電池を併せ用いたガスタービン発電システムを示している。この第2の熱サイクル機構（過膨張タービンT2と復圧圧縮機C2との組み合わせ）は、汎用の過給機をそのまま利用することによって代用でき、過給機は自動車エンジンや船舶用エンジンのターボチャージャーとして用いられているものを使用し得る。その場合、図19及び図20において破線で囲んだ部分が過給機に置き換えられる。こうすれば、通常の再生式マイクロガスタービンと汎用過給機とを組み合わせることで本発明のガスタービン発電システムを構成することができるため、簡易に構成可能でありながら、従来よりエネルギー利用効率を高めた経済的なシステムとすることができる。さらに過給機部分は発電機が接続される軸と別軸にできるので、過給機を最も効率良い回転数近傍で常時駆動することも可能となる。そのほか、第3実施形態の様に、膨張タービンT1と過膨張タービンT2の間に再燃器を入れてさらにエネルギー利用効率を高めることができる。また、過給機(T2とC2)の部分を切り離し、図中のX点とY点との間を適宜バイパス配管BP5でつないで膨張タービンT1の出口を再生器Rのガス側入口に繋ぎ、再生器Rのガス側出口からの排気c7又はd9を破線で示したようにそのまま大気中に放出すれば、従来の再生式ガスタービンサイクルが形成されるので、例えば、冬季や寒冷地などのように排熱利用の需要が大きい場合には運転状況の切り替えによって随時対応でき、有用である。

【0036】実施例6

機械駆動用動力源としての実施例

本発明のガスタービンシステムは熱効率が高く、従来のガスタービンシステムよりも軸駆動力を多く取り出せるので動力システムとしても有用である。従って発電機に

代え、また発電機と共に、出力タービンの軸端にプロペラ等の回転機械負荷を接続することにより、本発明のガスタービンシステムを発電用途以外、例えば機械駆動用動力源として使用することが可能である。特に、船舶の駆動動力源及び電源として、また排水ポンプの原動機としての使用が適当であると考えられる。さらに図21に例示するように、吸気圧縮機C1と膨張タービンT1及び復圧圧縮機C2を一本の第1の駆動軸に繋いでガス発生器とし、他方、過膨張タービンT2を第1の駆動軸とは別の第2の駆動軸に繋いだ出力タービンとして構成することで、本発明のガスタービンシステムをいわゆる二軸式ガスタービンとすることも可能である。このように構成すれば第2の駆動軸は第1の駆動軸の回転数に支配されず、第2の駆動軸に接続される回転機械負荷を所望の回転数で駆動できる。

【0037】実施例7

燃料電池の別の適用例

本発明のガスタービン発電システムにおいてガスタービン機関と併せ用いている燃料電池については、上述の例では高圧・高温度を利用し得る点から加圧型燃料電池を挙げて説明を行ったが、本発明においては次に述べるような形態で常圧型燃料電池を適用することも可能である。図22に本発明のガスタービンサイクルと常圧型燃料電池とを併せ用いたガスタービン発電システムの好適な一実施例を示す。常圧型燃料電池は略大気圧の常圧近傍で作動するので、本発明のガスタービン発電システムにおいて適用する場合には、膨張タービンT1を出た排気が略大気圧である点を考慮すれば膨張タービンT1と過膨張タービンT2との間に配置可能である。本発明のガスタービン発電システムにこの常圧型燃料電池を併せ用いた場合、ガスタービンの単独運転から燃料電池とガスタービンとの併用運転への移行が常圧のガスを取り扱うことによって行われるため安全、かつ、容易に実行できる点で有利である。すなわち、ガスタービンの単独運転時にはV8を開くと共にV9を閉じて運転すればよい。他方、燃料電池とガスタービンとの併用運転時にはV9を開くと共にV8を閉じて運転すればよい。また、ガスタービンの単独運転から燃料電池とガスタービンとの併用運転への移行時には、V8、V9の開度を適宜に調整することで燃料電池側の暖機運転から、定常状態における定格出力での運転、さらには両者の負荷調整を容易に行うことが可能である。なお、燃料電池出口後の未燃燃料を完全燃焼させるために、要すれば過膨張タービンT2の前に再燃器を設置する。

【0038】

【発明の効果】以上説明したように、本発明のガスタービン発電システムによれば、従来のガスタービン発電システムと比較した場合、与える熱量・燃料量は同一であっても、仕事に変換されることなく外部に放出される熱

量が低減されるため、結果としてガスタービン機関の燃費が向上すると同時に、電気出力をより多く取り出すことができるという顕著な効果が得られることとなり、特に発電原価の削減に大いに寄与するものとなる。特に小型分散型エネルギーシステムを構築するに当たっては最も効果的である。さらに二酸化炭素排出量の低減にも結果として寄与することが可能であることも上記より明らかである。また本発明のガスタービンシステムは発電用途以外にも活用し得るものであり、ガスタービン動力システムとして高い熱効率と大きな軸駆動力を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

- 【図1】 従来例を示す構成略図である。
- 【図2】 従来例を示すT-S線図である。
- 【図3】 別の従来例を示す構成略図である。
- 【図4】 別の従来例を示すT-S線図である。
- 【図5】 本発明の第1実施形態を示す構成略図である。
- 【図6】 本発明の第1実施形態を示すT-S線図である。
- 【図7】 発電効率を比較したグラフである。
- 【図8】 比出力を比較したグラフである。
- 【図9】 本発明の第2実施形態を示す構成略図である。
- 【図10】 本発明の第2実施形態を示すT-S線図である。
- 【図11】 本発明の第3実施形態を示す構成略図である。
- 【図12】 本発明の第3実施形態を示すT-S線図である。
- 【図13】 起動用構成要素を組み込んだ一実施例を示す図である。
- 【図14】 起動用構成要素を組み込んだ一実施例を示す図である。
- 【図15】 起動用構成要素を組み込んだ一実施例を示す図である。
- 【図16】 起動用構成要素を組み込んだ一実施例を示す図である。
- 【図17】 起動用構成要素を組み込んだ一実施例を示す図である。
- 【図18】 凝集水の排除手段の一例を示した図である。
- 【図19】 過膨張タービンと復圧圧縮機を分離したガスタービンシステムを示す図である。
- 【図20】 過膨張タービンと復圧圧縮機を分離した燃料電池とガスタービンとのハイブリッド発電システムを示す図である。
- 【図21】 本発明を二軸式ガスタービンシステムとして構成した一例を示す図である。
- 【図22】 常圧型燃料電池を組み込んだ一実施例を示す

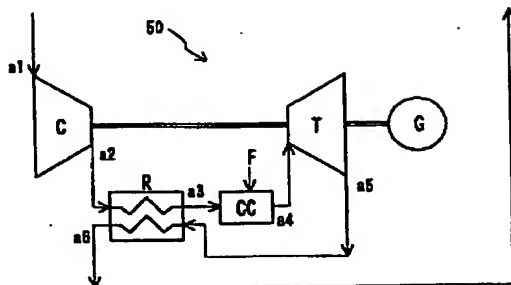
図である。

【符号の説明】

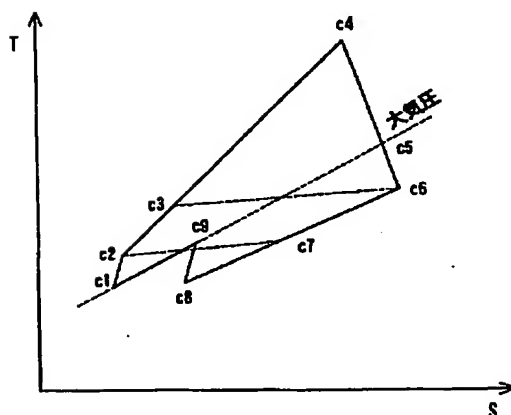
- A 吸気
- An 燃料極
- AH 空気予熱器
- BP1 バイパス配管
- BP2 バイパス配管
- BP3 バイパス配管
- BP4 バイパス配管
- BP5 バイパス配管
- C1 吸気圧縮機
- C2 復圧圧縮機
- Ca 空気極
- CC 燃焼器
- F 燃料
- F1 燃料
- F2 燃料電池用燃料
- F3 燃料
- F4 燃料
- FC 燃料電池
- G 電動発電機
- GC ガス冷却器
- H 燃料予熱器
- M 電動機
- M1 主配管
- M2 主配管
- R 再生器
- T1 膨張タービン
- T2 過膨張タービン
- V1 補助吸気弁
- V2 流量調節弁
- V3 流量調節弁
- V4 流量調節弁
- V5 流量調節弁
- V6 流量調節弁
- V7 流量調節弁
- V8 流量調節弁
- V9 流量調節弁
- a1 圧縮機入口
- a2 圧縮機出口
- a3 再生器出口(空気側)
- a4 燃焼器出口
- a5 膨張タービン出口
- a6 再生器出口(ガス側)
- b1 圧縮機入口
- b2 圧縮機出口
- b3 再生器出口(空気側)
- b4 空気予熱器出口
- b5 燃料電池出口
- b6 燃焼器出口

- b7 膨張タービン出口
- b8 再生器出口(ガス側)
- c1 圧縮機入口
- c2 圧縮機出口
- c3 再生器出口(空気側)
- c4 燃焼器出口
- c5 膨張タービン出口
- c6 過膨張タービン出口
- c7 再生器出口(ガス側)
- c8 ガス冷却器出口
- c9 復圧圧縮機出口
- d1 圧縮機入口
- d2 圧縮機出口
- d3 再生器出口(空気側)
- d4 空気予熱器出口
- d5 燃料電池出口
- d6 燃焼器出口
- d7 膨張タービン出口
- d8 過膨張タービン出口
- d9 再生器出口(ガス側)
- d10 復圧圧縮機入口
- d11 復圧圧縮機出口

【図1】



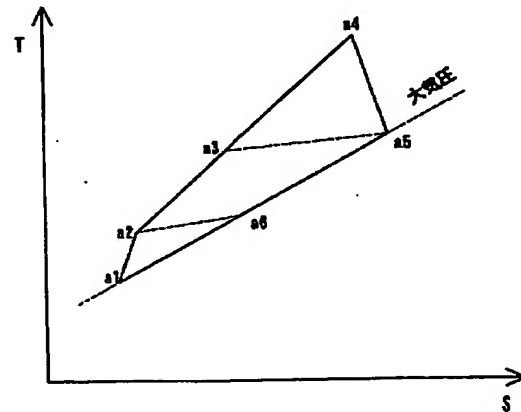
【図6】



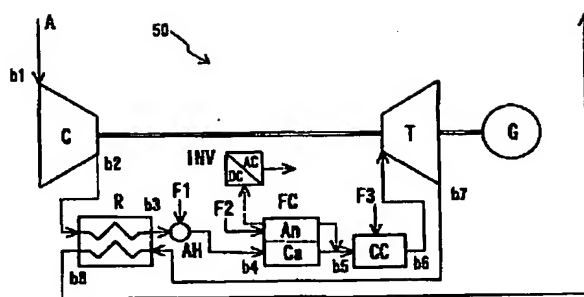
- * e1 圧縮機入口
- e2 圧縮機出口
- e3 再生器出口(空気側)
- e4 空気予熱器出口
- e5 燃料電池出口
- e6 膨張タービン出口
- e7 再燃器出口
- e8 過膨張タービン出口
- e9 再生器出口(ガス側)
- 10 e10 復圧圧縮機入口
- e11 復圧圧縮機出口
- 30 本発明のガスタービン発電システムによって得られる特性
- 31 従来のガスタービン発電システムによって得られる特性
- 32 汽水分離器
- 33 ドレン溜
- 34 ポンプ
- 35 機械負荷
- 20 36 過給機
- 50 ガスタービン発電システム

*

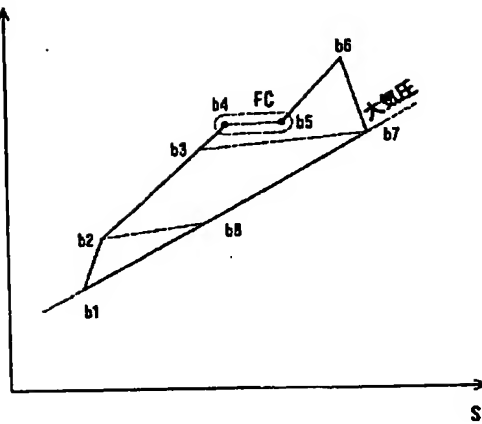
【図2】



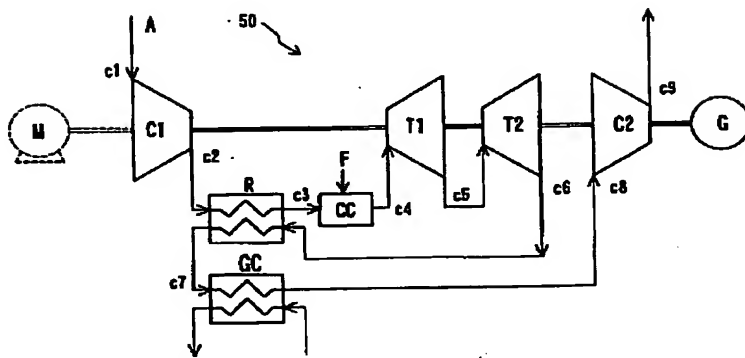
【図3】



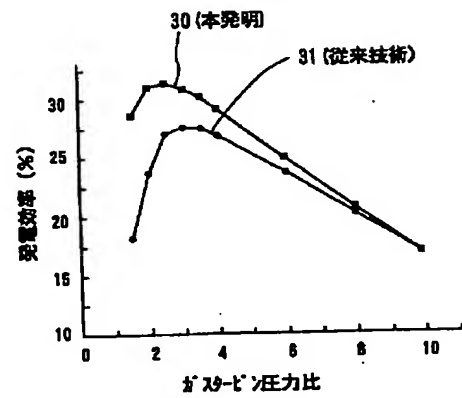
【図4】



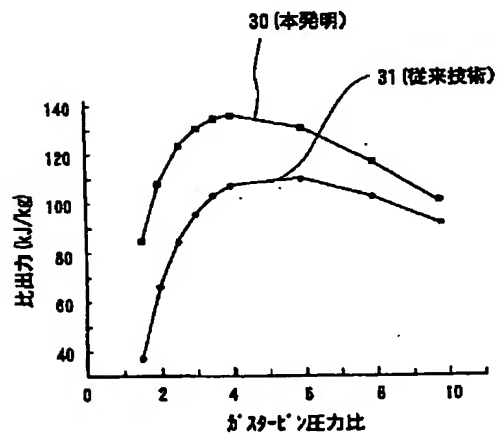
【図5】



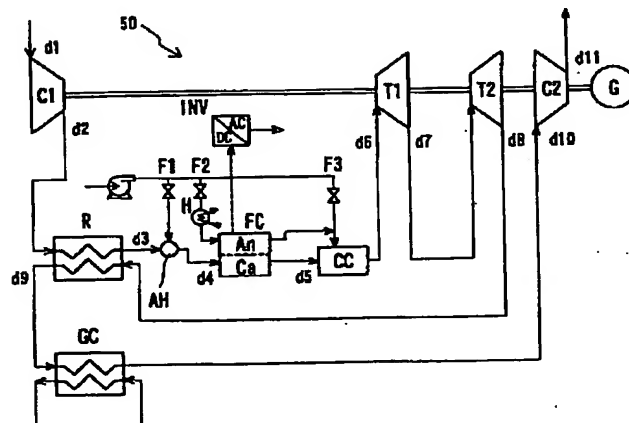
【図7】



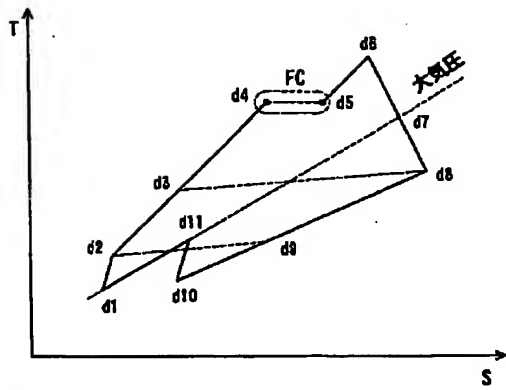
【図8】



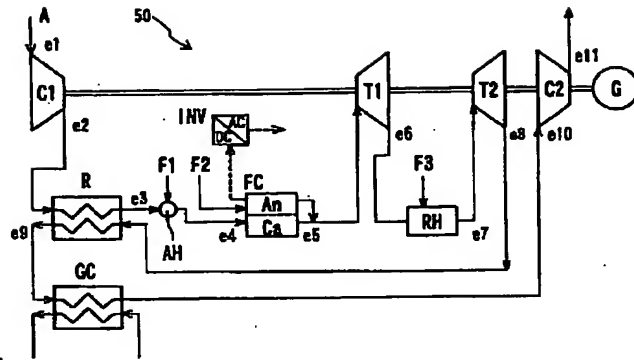
【図9】



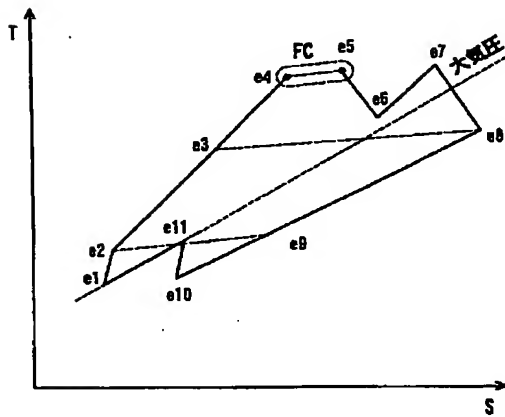
【図10】



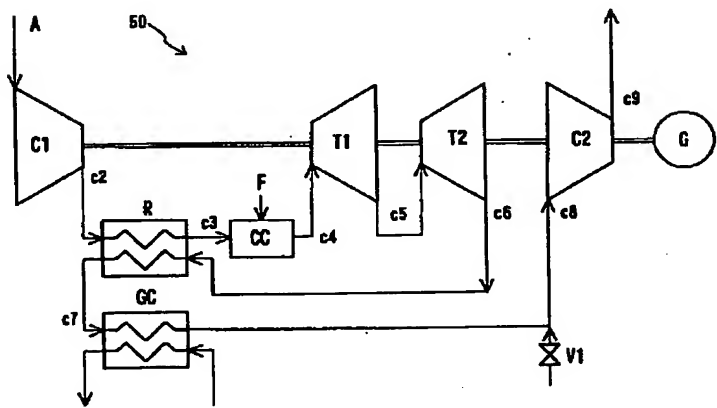
【図11】



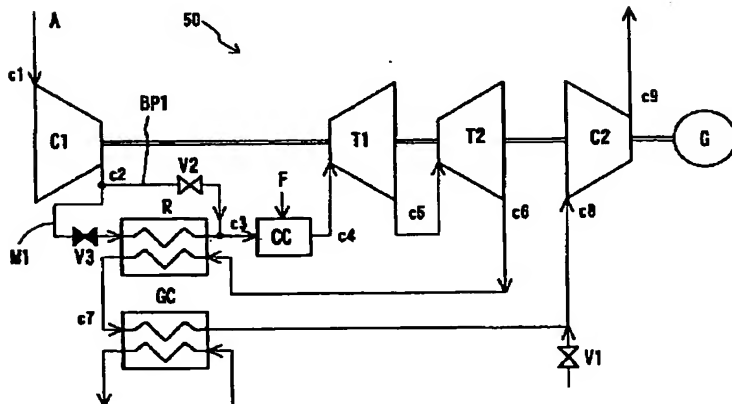
【図12】



【図13】

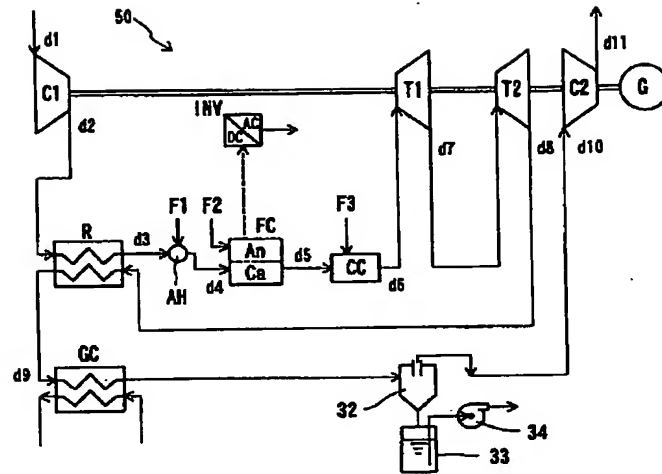


【図14】

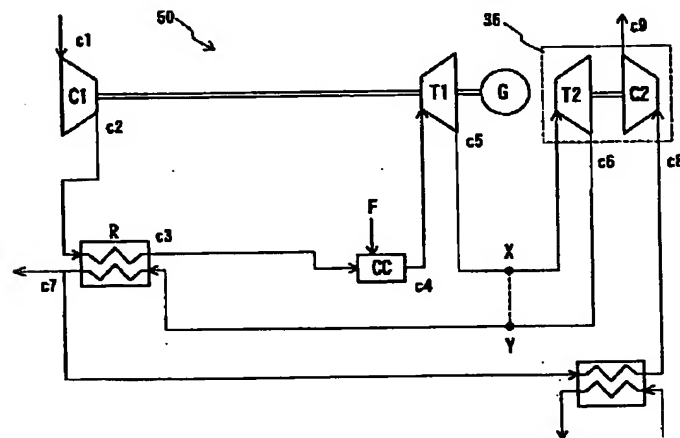


[illegible][illegible]

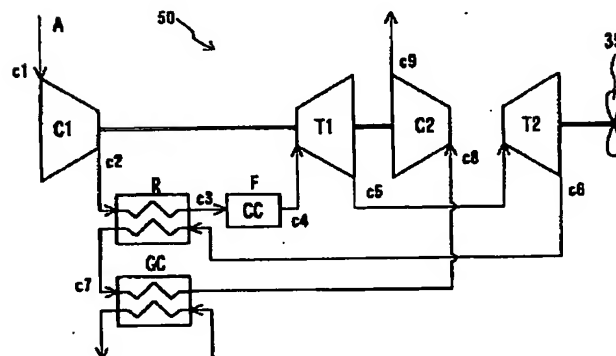
【圖 18】



【図 19】



【圖 21】



PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-193865

(43)Date of publication of application : 09.07.2003

(51)Int.Cl.

F02C 7/26

F01K 23/02

F02C 3/10

F02C 6/00

F02C 7/08

F02C 9/00

H01M 8/00

(21)Application number : 2001-396111

(71)Applicant : KANSAI TLO KK

(22)Date of filing : 27.12.2001

(72)Inventor : TEJIMA KIYOMI
SUZUKI KENJIRO

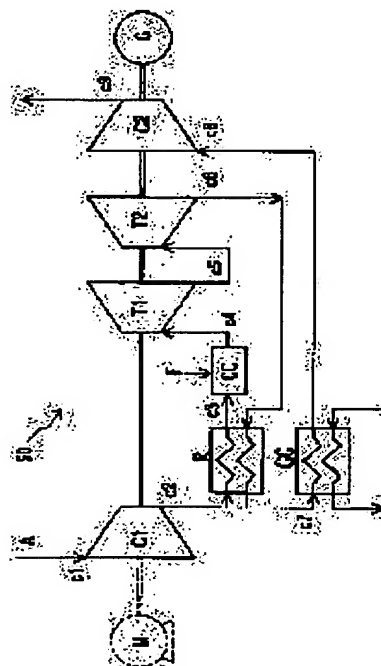
(54) GAS TURBINE POWER GENERATION SYSTEM, GAS TURBINE POWER SYSTEM, AND STARTING METHOD THEREFOR

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a gas turbine power generation system capable of further improving thermal efficiency when compared with a conventional regenerative microgas turbine.

SOLUTION: In this gas turbine power generation system having an intake compressor, a preheating or combustion device, a turbine, a regenerator, and a generator, a second turbine and a second heat cycle mechanism composed of a pressure restoration compressor are provided together on an exhaust side of the turbine to supply exhaust gas of the turbine to the second turbine and expand its outlet pressure excessively below the atmospheric pressure, then its outlet gas is introduced into the pressure restoration

compressor after passing through the regenerator to raise its exhaust pressure up to the vicinity of the atmospheric pressure, discharge it into the atmosphere, and drive the generator. Owing to the configuration, quantity of heat discharged to the outside without being converted to work in the inputted heat energy is reduced, an output is increased, and energy utilization efficiency is improved. Furthermore, if exhaust gas of the second turbine is introduced into the pressure restoration compressor after passing through the regenerator and a gas cooling device in the second heat cycle mechanism, an output is increased and thermal efficiency is improved further.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the]

*** NOTICES ***

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] The inhalation-of-air compressor which carries out inhalation compression of the atmospheric air, and the equipment which it mixes [equipment] with fuel gas, and preheats or burns the compressed air incorporated through this inhalation-of-air compressor (henceforth a combustor), Have the turbine driven with the elevated-temperature high pressure gas from this combustor, and heat exchange of the exhaust gas of a turbine is carried out to the outlet air of said inhalation-of-air compressor through a regenerator. In the gas turbine system which cools this and is made to emit into atmospheric air as low-temperature exhaust gas The 2nd heat cycle device which becomes the exhaust side of said turbine (henceforth the 1st turbine) from the 2nd turbine (henceforth an overexpansion turbine) and **** compressor is put side by side. After supplying the exhaust gas of said 1st turbine to the 2nd turbine and carrying out the overexpansion of that outlet pressure to below atmospheric pressure, while introducing this outlet gas into a **** compressor, raising that exhaust pressure force to near atmospheric pressure and making it emit into atmospheric air The gas-turbine-power-generation system characterized by driving a generator with the output of one side of said 1st and 2nd turbines, or both sides.

[Claim 2] The gas-turbine-power-generation system according to claim 1 characterized by while leading the compressed air incorporated through said inhalation-of-air compressor to a combustor through a regenerator, leading to a **** compressor after it leads the exhaust gas of an overexpansion turbine to said regenerator, and it carries out heat exchange between the exhaust gas and the outlet air of an inhalation-of-air compressor by which the overexpansion was carried out, and cooling this exhaust gas further through a condensator.

[Claim 3] The gas-turbine-power-generation system according to claim 1 or 2 which comes to use together the fuel cell characterized by leading to the 1st turbine after combining and having the fuel cell which consists of an air pole and a fuel electrode, and an air preheater, supplying the compressed air incorporated through said inhalation-of-air compressor to the air pole of a fuel cell through an air preheater, mixing with assistant ** gas and burning the outlet gas.

[Claim 4] The gas-turbine-power-generation system according to claim 3 characterized by introducing into the fuel electrode of said fuel cell the fuel gas for burning the air by which inhalation-of-air compression was carried out, and a fuel of the same kind, and burning the air supply to the 1st turbine with the emission gas from a fuel electrode.

[Claim 5] A gas-turbine-power-generation system given in claim 1 thru/or any of 4 they are. [which comes to constitute the 2nd heat cycle device which consists of an overexpansion turbine and a **** compressor with a supercharger]

[Claim 6] It is a gas-turbine-power-generation system given in claim 1 thru/or any of 5 they are. [which comes to install the 2nd heat cycle device which consists of an overexpansion turbine and a **** compressor in 2nd revolving shaft with the another revolving shaft of said 1st turbine]

[Claim 7] A gas-turbine-power-generation system given in claim 1 thru/or any of 6 they are. [which is characterized by supplying an overexpansion turbine after installing a reheater in the connection passage of the 1st turbine and an overexpansion turbine and burning the outlet exhaust gas of the 1st turbine again]

[Claim 8] The inhalation-of-air compressor which carries out inhalation compression of the atmospheric air, and the equipment which it mixes [equipment] with fuel gas, and preheats or burns the compressed air incorporated through this inhalation-of-air compressor (henceforth a combustor), Have the turbine driven with the elevated-temperature high pressure gas from this combustor, and heat exchange of the exhaust gas of a

turbine is carried out to the outlet air of said inhalation-of-air compressor through a regenerator. In the gas turbine system which cools this and is made to emit into atmospheric air as low-temperature exhaust gas The 2nd heat cycle device which becomes the exhaust side of said turbine (henceforth the 1st turbine) from the 2nd turbine (henceforth an overexpansion turbine) and **** compressor is put side by side. After supplying the exhaust gas of said 1st turbine to the 2nd turbine and carrying out the overexpansion of that outlet pressure to below atmospheric pressure, while introducing this outlet gas into a **** compressor, raising that exhaust pressure force to near atmospheric pressure and making it emit into atmospheric air The gas turbine power system characterized by taking out power from the output shaft of one side of said 1st and 2nd turbines, or both sides.

[Claim 9] The gas turbine power system according to claim 8 characterized by cooling this exhaust gas further through a condensator, and leading to a **** compressor after it leads the exhaust gas of an overexpansion turbine to said regenerator and it carries out heat exchange between the exhaust gas and the outlet air of an inhalation-of-air compressor by which the overexpansion was carried out, while leading the compressed air incorporated through said inhalation-of-air compressor to a combustor through a regenerator.

[Claim 10] The gas turbine power system according to claim 8 or 9 which comes to constitute the 2nd heat cycle device which consists of an overexpansion turbine and a **** compressor with a supercharger.

[Claim 11] It is a gas turbine power system given in claim 8 thru/or any of 10 they are. [which comes to install the 2nd heat cycle device which consists of an overexpansion turbine and a **** compressor in 2nd revolving shaft with the another revolving shaft of said 1st turbine]

[Claim 12] A gas turbine power system given in claim 8 thru/or any of 11 they are. [which is characterized by supplying an overexpansion turbine after installing a reheater in the connection passage of the 1st turbine and an overexpansion turbine and burning the outlet exhaust gas of the 1st turbine again]

[Claim 13] The inhalation-of-air compressor which carries out inhalation compression of the atmospheric air, and the equipment which it mixes [equipment] with fuel gas, and preheats or burns the compressed air incorporated through this inhalation-of-air compressor (henceforth a combustor), The turbine driven with the elevated-temperature high pressure gas from this combustor, and the overexpansion turbine which is connected to the exhaust side of this turbine and drives a motor generator, It is the approach of starting the gas-turbine-power-generation system equipped with the auxiliary inlet valve for putting in direct picking about the open air on the inlet-port side stream way of the **** compressor which compresses the exhaust gas of this overexpansion turbine again, and this **** compressor. a) The process which supplies power to a motor generator, is electric and puts an inhalation-of-air compressor and a turbine into operation where an auxiliary inlet valve is opened first, b) The process and c which supervise the inspired air volume and lifting of an outlet pressure of the inhalation-of-air compressor which increases as the rotational speed of a turbine shaft rises When this outlet pressure reaches a predetermined value, The process and d which feed a fuel into a combustor and light it The process which increases a fuel until it increases the quantity of a fuel gradually and reaches a rated revolution, e) Gradually, when the appliance inlet pressure of closing and a **** compressor turns into negative pressure gradually, power generates an auxiliary inlet valve in a turbine shaft. The process which supervises the situation that the motor generator shifts to the generator from the motor, f) The starting approach of the gas-turbine-power-generation system characterized by making a steady operation condition reach through the process which throws in a fuel further from this condition, is made to increase a generation-of-electrical-energy output according to charge fuel quantity, and is eventually brought to rated output.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to amelioration of a gas-turbine-power-generation system, especially a playback type micro gas turbine generation-of-electrical-energy system.

[0002]

[Description of the Prior Art] Although the concentration mold generation-of-electrical-energy system which uses large-scale power plants, such as large-sized thermal power station equipment and nuclear-electric-power-generation equipment, as a core was in use, since it corresponds to the increment in the power requirements in recent years, the power policy of a conventional type is a micro gas turbine (what miniaturized the gas turbine.) to each required location of power. What has rated output about 300kW or less is named generically, and it is calling like this. The distributed generation-of-electrical-energy system which installs the power plant to twist and performs an electric power supply is being carried out.

[0003] Since generating cost is cheap, the generation-of-electrical-energy system by this micro gas turbine is a technical field from which the further spread is expected. In order that many of current and micro gas turbines may raise the thermal efficiency, the playback type gas turbine cycle which heats combustion air beforehand with turbine exhaust gas is used for it.

[0004] Here explains the power plant by the gas turbine of the conventional example based on an accompanying drawing. First, drawing 1 shows the configuration schematic drawing of a gas turbine. Air a1 (degrees C [about 15], 100kPa.) by which inhalation of air was carried out with the inhalation-of-air compressor C It is compressed and becomes the high voltage air a2 (degrees C [about 150], 300kPa). the following -- being the same -- This air a2 is led to Regenerator R, and carries out a temperature rise, and this air a3 (degrees C [about 700], 300kPa) that carried out the temperature rise is led to Combustor CC, and when the fuel thrown in from fuel sources is mixed with this air a3 and burns, it serves as elevated-temperature high pressure gas a4 (degrees C [about 1000], 290kPa). This gas a4 is led to expansion-turbine T, transforms that heat energy into the kinetic energy (revolution) of a blade, and expands, and the exhaust gas a5 (degrees C [about 800], 100kPa) which became low voltage (abbreviation atmospheric pressure) is led to Regenerator R. The exhaust heat of the gas a5 led to this regenerator R is used for the temperature rise of air a2, and is discharged by atmospheric air a6 (degrees C [about 280], 100kPa). In this case, the generator G connected with the output shaft of expansion-turbine T will receive the input of the amount which deducted the inhalation-of-air compressor (C) input from the expansion-turbine (T) output in general, and will change this into electrical energy. Next, drawing 2 shows a T-S diagram. An axis of ordinate T shows temperature and the area which an axis of abscissa S shows entropy, plotted the above-mentioned air a1, a2, and a3, and the temperature of gas a4, a5, and a6 and the condition of entropy, tied it with the continuous line, and was surrounded by these segments serves as a workload.

[0005] Next, another conventional example of the gas-turbine-power-generation system which combined and used the gas turbine engine and the fuel cell is explained based on drawing 3 and drawing 4. Drawing 3 is the configuration schematic drawing, and drawing 4 is the T-S diagram. However, since the part of a fuel cell cannot be expressed depending on a T-S diagram, drawing 4 shows only the T-S diagram of the gas turbine section. The air b1 by which inhalation of air was carried out with the inhalation-of-air compressor C is compressed, and turns into the high voltage air b2, this air b2 is led to Regenerator R, and the temperature rise of it is carried out and it turns into air b3. This air b3 is led to an air heater (air preheater AH), and it discharges as about 1000-degree C elevated-temperature air b4 by throwing in and heating a fuel. This elevated-

temperature air b4 is led to the air pole side of a fuel cell FC, and the fuels F2, such as hydrogen, are introduced into a fuel electrode side. And a direct current is generated using the chemical reaction of the oxygen in air b4, and the hydrogen in a fuel F2. This direct current may be changed and used for an alternating current. Since the elevated-temperature air b5 discharged from this fuel cell FC still contains a non-burned fuel, it leads that combustion gas b6 to which Combustor CC was made to draw and carry out the perfect combustion of this to expansion-turbine T. Combustion gas b6 expands by expansion-turbine T, and it becomes low-pressure (abbreviation atmospheric pressure) exhaust gas b7, and this exhaust gas b7 is led to Regenerator R, and is used for the temperature rise of air b2. In this case, the sum total of the electric generating power by the fuel cell FC and the electric generating power of the generator G directly linked with expansion-turbine T serves as electric generating power, and more electric generating power is obtained compared with the case where a generation-of-electrical-energy system is constituted from a gas turbine independent.

[0006] However, the energy conversion efficiency in the above-mentioned gas turbine engine has been the technical technical problem to which it is indispensable in the actual condition to pull up this in being unable to say that it is high still enough, but aiming at further spread from now on.

[0007]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] Therefore, the technical problem of this invention is to offer the gas-turbine-power-generation system which aimed at improvement in the further thermal efficiency as compared with the conventional playback type micro gas turbine. In a regenerative-type-gas-turbine engine, this invention persons do the overexpansion of exhaust air of an expansion turbine until they become a pressure below atmospheric pressure. By adding a series of processes of emitting into atmospheric air after cooling the exhaust air obtained by it, and compressing using another compressor to near the atmospheric pressure again The heating value which is emitted outside and goes could be decreased without being changed into mechanical work from a gas turbine engine, it found out that it became possible to raise a gas turbine engine's fuel consumption and specific power, and this invention was completed.

[0008]

[Means for Solving the Problem] In order to solve the above-mentioned technical problem, the gas-turbine-power-generation system of this invention The inhalation-of-air compressor which carries out inhalation compression of the atmospheric air, and the equipment which it mixes [equipment] with fuel gas, and preheats or burns the compressed air incorporated through this inhalation-of-air compressor (henceforth a combustor), Have the turbine driven with the elevated-temperature high pressure gas from this combustor, and heat exchange of the exhaust gas of a turbine is carried out to the outlet air of said inhalation-of-air compressor through a regenerator. In the gas turbine system which cools this and is made to emit into atmospheric air as low-temperature exhaust gas The 2nd heat cycle device which becomes the exhaust side of said turbine (henceforth the 1st turbine) from the 2nd turbine (henceforth an overexpansion turbine) and **** compressor is put side by side. After supplying the exhaust gas of said 1st turbine to the 2nd turbine and carrying out the overexpansion of that outlet pressure to below atmospheric pressure, while introducing this outlet gas into a **** compressor, raising that exhaust pressure force to near atmospheric pressure and making it emit into atmospheric air It is characterized by driving a generator with the output of one side of said 1st and 2nd turbines, or both sides. Furthermore, while leading the compressed air incorporated through said inhalation-of-air compressor to a combustor through a regenerator, after it leads the exhaust gas of an overexpansion turbine to said regenerator and it carries out heat exchange between the exhaust gas and the outlet air of an inhalation-of-air compressor by which the overexpansion was carried out, it becomes possible by making it lead to a **** compressor, after cooling this exhaust gas further through a condensator to aim at output buildup of the gas-turbine-power-generation system of this invention, and further improvement in thermal efficiency.

[0009] Since the heating value of the gas turbine cycle which added the overexpansion and the **** pressing operation by such 2nd heat cycle device of this invention which is emit to the exterior and goes decreases without being change into work among the inputted heat energy as compared with the conventional playback type gas turbine cycle , while it can improve energy utilization effectiveness , it can take out more electric generating power . Furthermore, when hydrogen fuel is used, carbon-dioxide emissions serve as zero. Moreover, configuration major equipments are a compressor, a turbine, a combustor, a heat exchanger, and a generator, and it is possible to constitute a system simple, without needing a special technique and a special device. In addition, the gas-turbine-power-generation system of this invention becomes combining with a fuel

cell simply is possible, and possible [aiming at improvement in the further energy utilization effectiveness].

[0010] If it takes into consideration applying the gas-turbine-power-generation system of this invention to a micro gas turbine generation-of-electrical-energy system furthermore The inhalation flow rate of 300kW or less and the ** aforementioned inhalation-of-air compressor for the brake horsepower from said gas-turbine-power-generation system ** 3.0 or less kg/sec, Carry out and the pressure ratio of the ** aforementioned inhalation-of-air compressor is made into the range of 2.0 thru/or 5.0. ** [whether when the turbine section of said gas-turbine-power-generation system consists of the 1st turbine (usual expansion-turbine section) and 2nd turbine (overexpansion turbine section), the pressure ratio of said 2nd turbine is made into the range of 1.5 thru/or 2.0, and] Or it is desirable to make the ratio of the maximum pressure of the whole (the 1st turbine and 2nd turbine) ** turbine and the minimum pressure into the range of 3.0 thru/or 10.0. Thus, with constituting, since the pressure ratio of an entrance-side turbine (the 1st turbine) and the pressure ratio of an overexpansion turbine (the 2nd turbine) are small, neither of gas-turbine-power-generation system of this invention needs to take special proof-pressure structure and secret structure, and the economical design of it is attained. Furthermore, the maximum of a volume rate of flow also means the small thing, and it does not need to divide the device of the low-tension side into 2 casing that there are few inhalation-of-air flow rates, and the pressure ratio of an overexpansion turbine is small, and it can realize a compact design.

[0011] moreover, as the starting approach of the gas-turbine-power-generation system of this invention of having the above-mentioned description The inhalation-of-air compressor which carries out inhalation compression of the atmospheric air, and the equipment which it mixes [equipment] with fuel gas, and preheats or burns the compressed air incorporated through this inhalation-of-air compressor (henceforth a combustor), The turbine driven with the elevated-temperature high pressure gas from this combustor, and the overexpansion turbine which is connected to the exhaust side of this turbine and drives a motor generator, It is the approach of starting the gas-turbine-power-generation system equipped with the auxiliary inlet valve for putting in direct picking about the open air on the inlet-port side stream way of the **** compressor which compresses the exhaust gas of this overexpansion turbine again, and this **** compressor. a) The process which supplies power to a motor generator, is electric and puts an inhalation-of-air compressor and a turbine into operation where an auxiliary inlet valve is opened first, b) The process and c which supervise the inspired air volume and lifting of an outlet pressure of the inhalation-of-air compressor which increases as the rotational speed of a turbine shaft rises When this outlet pressure reaches a predetermined value, The process and d which feed a fuel into a combustor and light it The process which increases a fuel until it increases the quantity of a fuel gradually and reaches a rated revolution, e) Gradually, when the appliance inlet pressure of closing and a **** compressor turns into negative pressure gradually, power generates an auxiliary inlet valve in a turbine shaft. The process and f which supervise the situation that the motor generator shifts to the generator from the motor Throw in a fuel further from this condition, a generation-of-electrical-energy output is made to increase according to charge fuel quantity, and it is characterized by making it make a steady operation condition reach through the process eventually brought to rated output.

[0012] Thus, its thermal efficiency is high, and since the gas turbine system of this invention can take out many axial driving force from the conventional gas turbine system, it is useful also as a power system. Therefore, in the gas-turbine-power-generation system of this invention which put the 2nd heat cycle device side by side, if it replaces with a generator, and rotary machine loads, such as a propeller, are connected to the axis end of a power turbine with a generator and power is taken out from the 1st and 2nd one side or both sides of a turbine, it is utilizable as a gas turbine power system which can use the gas turbine system of this invention besides a generation-of-electrical-energy application. Furthermore, it becomes possible by making it lead to a **** compressor, after cooling the exhaust gas of an overexpansion turbine through a regenerator and a syngas cooler in said 2nd heat cycle device output buildup of this gas turbine power system, and to aim at further improvement in thermal efficiency. In addition, this invention is not limited to the above-mentioned configuration, but is characterized also by the starting approach corresponding to it at further another configuration list based on the above-mentioned configuration, respectively.

[0013]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, in carrying out this invention, referring to a drawing, it is shown in order and the suitable example of the gas-turbine-power-generation structure of a system is explained.

[0014] 1st operation gestalt drawing 5 shows 1 operation gestalt of the gas-turbine-power-generation system of

this invention. This drawing is the gas-turbine-power-generation structure-of-a-system schematic drawing by this invention, and drawing 6 is that T-S diagram. In this example, the gas-turbine-power-generation system 50 consists of the inhalation-of-air compressor C1, Regenerator R, Combustor CC, an expansion turbine T1, the overexpansion turbine T2, syngas cooler GC, a **** compressor C2, and a motor generator G. The working principle is the same, even if a single turbine may perform expansion performed to below through an expansion turbine T1 and the overexpansion turbine T2 and it is this case. Moreover, a motor generator G can deal with high-frequency power, and there should just be. Moreover, a motor generator G may be made into a thing generator independent [usual], and the motor M which linked initial actuation with the inhalation-of-air compressor C1 directly, or other suitable activator units may perform it (a broken line shows to drawing 5). Next, the working principle of the gas-turbine-power-generation system of this operation gestalt which consists of the above-mentioned configuration is explained. Inhalation of air c1 (degrees C [about 15], 100kPa.) the following -- being the same -- it is compressed in the inhalation-of-air compressor C1, and becomes the high voltage air c2 (degrees C [about 130], 250kPa), heat exchange of close is carried out to exhaust gas at the air side of Regenerator R, and temperature rises (air c3, about 700 degrees C, 250kPa). It goes into Combustor CC after that, and with a combustor, the thrown-in fuel F is mixed with air and it burns, and the exhaust gas which came out of Combustor CC serves as an elevated temperature and high pressure gas c4 (degrees C [about 1000], 240kPa), and is led to an expansion turbine T1. Combustion gas expands with an expansion turbine and it becomes low-pressure (abbreviation atmospheric pressure) exhaust gas c5 (degrees C [about 830], 100kPa). The overexpansion of it is carried out until exhaust gas c5 is further led to the overexpansion turbine T2 and becomes a pressure below atmospheric pressure (exhaust gas c6, about 750 degrees C, 68kPa). At this time, if the expansion ratio from a combustor outlet (c4) to an overexpansion turbine outlet (c6) is set up small, the exhaust-gas temperature of an overexpansion turbine outlet (c6) will go into Regenerator R in the condition of not falling substantially. Moreover, expansion from a combustor outlet (c4) to an overexpansion turbine outlet (c6) can also be performed in a single turbine. Heat exchange of the exhaust gas c6 is carried out to inhalation-of-air compressor outlet air (c2) with Regenerator R, and temperature falls further (exhaust air c7, about 200 degrees C, 67kPa). It is cooled so that it may go into syngas cooler GC and may bring close to atmospheric temperature further, and the gas c7 which came out of the regenerator goes into the **** compressor C2 (exhaust air c8, about 35 degrees C, 66kPa). Subsequently, after being compressed to atmospheric pressure by the **** compressor, it is emitted to atmospheric air (exhaust air c9, about 85 degrees C, 100kPa). In addition, if heat transfer area of a syngas cooler is enlarged, it is also possible to lower the exhaust gas temperature of exhaust air c8 to near the ordinary temperature. Furthermore, it is also possible by using a low-temperature refrigerant more to lower the exhaust gas temperature of exhaust air c9 to near ordinary temperature. The electric generating power at this time is taken out in general from a turbine output (sum of T1 and T2) as a difference which lengthened the compressor input (sum of C1 and C2).

[0015] Drawing 6 shows the T-S diagram corresponding to drawing 5 . An axis of ordinate T shows temperature and the axis of abscissa S shows entropy. Since the whole area which this drawing plotted the temperature of the above-mentioned air (gas) and the condition of entropy, tied it with the continuous line, and was surrounded by these segments serves as a workload, generated energy also increases, so that area is large. If it compares with drawing 2 which is the conventional example, though the given heating value is the same, the heating value emitted without being changed into work is reduced, and it turns out that the gas turbine engine's of this invention energy utilization effectiveness is improving.

[0016] Then, the property of the gas-turbine-power-generation system of this operation gestalt is explained. An example of a result which performed property count about this operation gestalt is shown in drawing 7 and drawing 8 . This invention assumed the application as the so-called micro gas turbine system, and calculated supposing the case where the micro gas turbine system which has several kW to about dozens of kW rated output also about the following examples of count is constituted. Drawing 7 shows generation efficiency and drawing 8 shows specific power. The gas-turbine-power-generation system according [30 in drawing (rectangular-head plot)] to this invention and 31 (round-head plot) show the property of the gas-turbine-power-generation system by the conventional technique. In addition, count conditions are arranged as follows for the comparison with the conventional technique. Furthermore, the pressure ratio of a **** compressor was set to 1.5.

[0017]

[A table 1]

計算に使用したパラメータ

使用燃料	メタン	
タービン(T1)入口温度	1,000℃	
吸気圧縮機断熱効率 η_{C1}	75%	
復圧圧縮機断熱効率 η_{C2}	75%	
タービン断熱効率 η_{T1}	75%	
過膨張タービン断熱効率 η_{T2}	75%	
再生器温度効率 η_R	90%	
燃焼器圧損率 ζ_{cc}	3%	
再生器圧損率	空気側 ζ_{RA}	2%
	ガス側 ζ_{RG}	1%
ガス冷却器温度効率 η_{GC}	90%	
機械効率 η_m	95%	
高周波発電機効率 η_{GEN}	98%	
インバータの変換効率 η_{INV}	95%	

[0018] As a result of calculating on such conditions, a pressure ratio shows the maximum effectiveness in 2.5, and the generation efficiency of the gas-turbine-power-generation system of this invention is about 32 to 33%. The maximum specific power is about 135 kJ/kg in a pressure ratio 4, and is about 125 kJ/kg in a pressure ratio 2.5. When this is compared in the place of the pressure ratio which shows the maximum effectiveness as compared with the conventional technique in drawing, it has exceeded about 5 point with generation efficiency, and will turn on about 30 kJ/kg in specific power.

[0019] 2nd operation gestalt drawing 9 shows the suitable operation gestalt at the time of combining and using a gas turbine engine and a fuel cell, and constituting the gas-turbine-power-generation system of this invention. This drawing is the gas-turbine-power-generation structure-of-a-system schematic drawing by this invention, and drawing 10 is that T-S diagram. However, drawing 10 expresses only the T-S diagram of the gas turbine section as the conventional example showed. In this operation gestalt, the gas-turbine-power-generation system 50 consists of the inhalation-of-air compressor C1, Regenerator R, an air preheater AH, a fuel cell FC, Combustor CC, an expansion turbine T1, the overexpansion turbine T2, syngas cooler GC, a **** compressor C2, and a motor generator G. If the point that the actuation gases which lead to an air pole calcium are an elevated temperature and high voltage is taken into consideration, as for a fuel cell FC, it is desirable that it is a pressurized fuel cell. Moreover, as this pressurized fuel cell, it is desirable to use the thing of a solid oxide type or a melting carbonate mold. in addition, the inlet pressure and temperature of the actuation gas which is alike, respectively and is inputted of the air pole of a fuel cell, and a fuel electrode -- abbreviation -- the same thing is desirable. Moreover, it is appropriate for the preheating of a fuel to use a fuel preheater (H). The same is said of the following operation gestalten. Next, the working principle of the gas-turbine-power-generation system of this operation gestalt which consists of the above-mentioned configuration is explained. Inhalation of air d1 is compressed in the inhalation-of-air compressor C1, and turns into the high voltage air d2, to Regenerator R, heat exchange is carried out to the emission gas d8 from the overexpansion turbine T2 which mentions close later, and temperature rises (exhaust air d3). Exhaust air d3 is led to an air heater (air preheater AH) after an appropriate time, a fuel F1 is introduced, it considers as about 1,000-degree C elevated-temperature air, and this is led to the air pole a fuel cell FC side calcium (exhaust air d4). On the other hand, in the fuel electrode fuel cell side An, the fuels F2, such as hydrogen which **** temperature preheated using the fuel preheater H, are thrown in, and these cause a chemical reaction within a fuel cell, and generate a direct current. Usually, this is changed into the alternating current of commercial frequency with Inverter INV, and is used. In addition, a fuel F1 thru/or F3 are the same, and if it considers compatibility with a fuel cell, a methane system fuel or a hydrogen system fuel is desirable [3]. However, in the case of a methane system fuel, a fuel refining machine

is required. Furthermore, since a fuel cell is exothermic reaction, it needs to cool this. If the air of d3 which came out of Regenerator R using this heat of cooling is heated further beforehand, it can use for reduction of the preheating fuel F1. 10-20% of non-burned fuel is contained in the gas d5 which came out of the fuel cell. This is led to Combustor CC, if it requires in order to carry out the perfect combustion of the unburnt fuel, the auxiliary fuel F3 of an amount will be added a little, the perfect combustion of these will be carried out, and the exhaust gas will be led to an expansion turbine T1 (exhaust air d6). After carrying out an overexpansion until combustion gas d6 expands with an expansion turbine T1, and serves as low-pressure (abbreviation atmospheric pressure) exhaust gas d7 and it becomes a pressure below an atmospheric pressure in the overexpansion turbine T2 further, it is led to Regenerator R (exhaust air d8). Heat exchange of exhaust air d8 is carried out to the compressor outlet air d2, and temperature falls further (exhaust air d9). After cooling so that this may be further led to syngas cooler GC and atmospheric temperature may be approached, and considering as exhaust air d10, it compresses to near the atmospheric pressure with the **** compressor C2, and is made to emit to atmospheric air (exhaust air d11).

[0020] Drawing 10 shows the T-S diagram corresponding to drawing 9. It was shown in the 1st operation gestalt and the similar form. Drawing 9 shows only the T-S diagram of the gas turbine section as well as the T-S diagram of the conventional example shown in drawing 4. Therefore, although system-wide gross generation cannot be expressed only in the area of this T-S diagram, since the amount of generations of electrical energy of a fuel cell is added, gross generation is increasing.

[0021] Then, the property of the gas-turbine-power-generation system of this operation gestalt is explained. Also with this operation gestalt, the same property count as the 1st operation gestalt was performed. About the parameter used for count, the same value as the above-mentioned 1st operation gestalt is used. However, with this operation gestalt, since the fuel cell was used together, the fuel was made into hydrogen and calculated in consideration of the system configuration which does not need a refining machine. Consequently, according to the gas-turbine-power-generation system of this operation gestalt, a pressure ratio shows the maximum effectiveness in 4.0, and generation efficiency is about 60%. The maximum specific power is about 670 kJ/kg in a pressure ratio 4.0, and is about 530 kJ/kg in a pressure ratio 2.5. If this is compared with the conventional technique, it has exceeded about 2 point with generation efficiency, and will turn on about 200 kJ/kg in specific power.

[0022] If Combustor CC is removed and Reheater RH is installed between an expansion turbine T1 and the overexpansion turbine T2 as a gas turbine cycle which aimed at improvement in the 3rd operation gestalt and the further thermal efficiency, reheat, playback, and an intercooled cycle will be realized, and it will become possible to aim at further improvement in energy utilization effectiveness. The configuration schematic drawing and T-S diagram are shown in drawing 11 and drawing 12. Here, the case where a reheater is introduced is shown in the system of the 2nd operation gestalt which combined and used the fuel cell. The part which is different from the above-mentioned 2nd operation gestalt is explained about the working principle of a **** operation gestalt. With this operation gestalt, the outlet gas e5 of the air pole calcium of a fuel cell FC is introduced into an expansion turbine T1 with the fuel which came out of the fuel electrode An. At an expansion-turbine (T1) outlet, the exhaust gas e6 which expanded and became low voltage (abbreviation atmospheric pressure) is discharged. This gas e6 is introduced into Reheater RH, and the elevated-temperature high pressure gas e7 which carried out temperature up again is led to the overexpansion turbine T2 by mixing a fuel F3 and burning.

[0023] In addition, although abbreviation identitas of expansion-turbine (T1) inlet temperature and the overexpansion turbine (T2) inlet temperature is carried out, it is usually desirable about the pressure point which installs Reheater RH, to be chosen as the point which serves as a square root of the product of the pressure ratio of an expansion turbine T1 and the pressure ratio of the overexpansion turbine T2 in this case. At this time, generation efficiency serves as max.

[0024] Drawing 12 shows the T-S diagram corresponding to drawing 11. Thus, by incorporating the reheat process which heats gas e6 again, in this operation gestalt, a gas-turbine-power-generation system can be operated using reheat, playback, and an intercooled cycle, and it becomes possible to consider as the gas turbine which was excellent in energy efficiency. Moreover, there is the description referred to as being able to make easy load adjustment by the side of a gas turbine by changing the outlet temperature of Reheater RH.

[0025] Thus, in the gas turbine cycle which added the overexpansion and the **** pressing operation by this

invention, since the heating value emitted without being changed into work as compared with the conventional playback type gas turbine cycle is reducible, energy utilization effectiveness can be raised. When it sees by the T-S diagram, in the gas turbine cycle of this invention, it turns out that the range which operates in the field below an atmospheric pressure is newly obtained, and this part serves as gain as compared with the conventional gas turbine cycle. Hereafter, in presenting practical use with the gas-turbine-power-generation system of this invention concretely, the desirable example about the example of a configuration in the case of using it not as further another example of a configuration of the starting approach of a generation-of-electrical-energy system, auxiliary machinery and equipment, and a gas-turbine-power-generation system and a power plant but as a source for machine actuation of power and another example of application of a fuel cell is explained, illustrating in order.

[0026]

[Example] First, the starting approach of the gas-turbine-power-generation system of this invention is explained. In addition, it is clear that it can start in a short time since it is not necessary to pass through a part [made / the gas-turbine-power-generation system of this invention was using the regenerator, and / to bypass this at the time of starting / bigger / heat capacity].

[0027] Starting approach drawing 13 and drawing 14 of the example 1 1st operation gestalt show the example of 1 configuration for starting the gas-turbine-power-generation system of this invention by the 1st operation gestalt mentioned above. These add suitably the valve for using for starting of the gas-turbine-power-generation system shown in drawing 5 etc., respectively, draw it, and show it.

[0028] One to one or less example explains along with drawing 13 per example of the starting approach of the gas-turbine-power-generation system shown in the 1st operation gestalt. This example installs the auxiliary inlet valve V1 so that the open air can be directly inhaled in the medium of piping for gas which connects syngas cooler GC and a **** compressor (C2) inlet port. V1 makes it open at the time of starting. Since this example has the advantage to which a system structure becomes easy, when it does not need quick start and rapid load picking, it is useful. At the time of starting, a motor generator G operates as a motor for starting. Also in each following example, it is the same. Starting of the gas-turbine-power-generation system by this example is performed along with the following procedure. ** First, V1 considers as open and starts this, using the motor generator G by which coaxial connection was carried out with the turbine shaft as a starting motor. ** The inspired air volume and the outlet pressure of the inhalation-of-air compressor C1 go up as rotational speed rises. ** In the place where the outlet pressure of an inhalation-of-air compressor reached the desired pressure, feed a fuel into a combustor and light it. ** Increase a fuel until it increases the quantity of a fuel gradually and reaches a nominal speed. ** If V1 is closed gradually after that, when the pressure of the **** compressor (C2) inlet port c8 becomes negative pressure gradually, and a turbine-compressor system produces a mechanical output, a motor generator will shift to a generator from a motor. ** Throw in a fuel further from this condition, a generation-of-electrical-energy output is made to increase according to charge fuel quantity, and rated output can be obtained eventually.

[0029] By the starting approach described above example 1-2, the time amount which starting takes since working medium passes a regenerator with large heat capacity also at the time of starting though a configuration is easy may be long. Then, according to the starting approach as shown in following drawing 14 , the time amount which starting takes can be shortened. In this example, while installing the auxiliary inlet valve V1 so that the open air can be directly inhaled in the medium of piping for gas which connects syngas cooler GC and a **** compressor (C2) inlet port, pneumatic piping BP1 is formed between the inhalation-of-air compressor (C1) outlet c2 and the combustor (CC) inlet port c3 so that Regenerator R may be bypassed, and a flow control valve V2 is installed there. Moreover, after pneumatic piping BP1 branches, a flow control valve V3 is installed in the process line M1 until it reaches a regenerator (R) inlet port. At the time of starting, V1 and V2 take as open, and V3 is taken as close. According to the starting approach using such a configuration, since working medium bypasses a regenerator with large heat capacity at the time of starting, warm-up time can be shortened. Starting of the gas-turbine-power-generation system by this example is performed along with the following procedure. ** First, V1 and V2 consider as open, and V3 considers as close, and start this, using the motor generator G by which coaxial connection was carried out with the turbine shaft as a starting motor. ** The inspired air volume and the outlet pressure of the inhalation-of-air compressor C1 go up as rotational speed rises. ** In the place where the outlet pressure of an inhalation-of-air compressor reached the desired value,

feed a fuel into Combustor CC and light it. ** Increase a fuel until it increases the quantity of a fuel gradually and reaches a nominal speed. ** If V1 is closed gradually after that, when the pressure of the **** compressor (C2) inlet port c8 becomes negative pressure gradually, and a turbine-compressor system produces a mechanical output, a motor generator will shift to a generator from a motor. ** According to charge fuel quantity, an output increases after that. That is, it operates as a simple cycle gas turbine. If V3 is gradually opened at the same time it closes V2 gradually in parallel with actuation of ** ** at the suitable event of after that, the compressed air will come to pass to Regenerator R, the operational status by the regenerative cycle of normal will be approached from operation by the simple cycle, and if V2 is a close by-pass bulb completely and V3 is opened fully, the same operational status as the time of a stationary will be acquired. In addition, when [suitable] beginning to open V3 and going at the same time it closes a valve V2, it is desirable that it is an event of a turbine-compressor system reaching a nominal speed or the mean temperature of a regenerator becoming the temperature and abbreviation identitas of C2.

[0030] Starting approach drawing 15 and drawing 16 of the example 2 2nd operation gestalt show the example of 1 configuration for starting the gas-turbine-power-generation system of this invention by the 2nd operation gestalt mentioned above. These add suitably the valve for using for starting of the gas-turbine-power-generation system shown in drawing 9 etc., respectively, draw it, and show it.

[0031] While this example shown in example 2-1 drawing 15 installs the auxiliary inlet valve V1 so that the open air can be directly inhaled in the medium of piping for gas which connects syngas cooler GC and a **** compressor (C2) inlet port with the gas-turbine-power-generation system shown in drawing 9 R> 9 as a component for starting Pneumatic piping BP2 is formed between a regenerator (R) outlet and a combustor (CC) inlet port so that a fuel cell FC may be bypassed, and a flow control valve V4 is formed between them. Furthermore, after pneumatic piping BP2 branches, a flow control valve V5 is installed in the piping M2 until it reaches an air-preheater (AH) inlet port. What showed each valve by void all over drawing at the starting initiation event is opened (V1, V4), and what was smeared away black reversely is closed (V5). First, an example of the gas turbine engine's [itself] activation procedure is explained. ** First, make V1 and V4 open, make V5 close, and start this, using the motor generator G by which coaxial connection was carried out with the turbine shaft as a starting motor. ** The inspired air volume and the outlet pressure of an inhalation-of-air compressor (C1) go up as rotational speed rises. ** In the place where the outlet pressure of an inhalation-of-air compressor reached the desired value, feed a fuel F3 into Combustor CC, and light it. ** Increase a fuel until it increases the quantity of a fuel gradually and reaches a nominal speed. ** If V1 is closed gradually after that, when the pressure of a **** compressor (C2) inlet port becomes negative pressure gradually, and a turbine-compressor system produces a mechanical output, a motor generator will shift to a generator from a motor. ** If a fuel is further thrown in in this condition, an output will increase according to charge fuel quantity, and the condition of rated operation will be acquired eventually. Next, warming-up of a fuel cell and an example of an operation procedure are explained. After a gas turbine goes into the condition of individual operation, if V5 is opened gradually and it goes at the same time it closes **V4 gradually, the compressed air d3 will come to pass to a fuel cell side. It can warm up by throwing in the fuel F1 for air preheating if needed in this condition. ** By subsequently throwing in the fuel F2 for fuel cells, the operational status which corresponds at the time of a stationary is acquired. In this case, the fuel F3 fed into Combustor CC is reduced gradually if needed, and should just go so that gas turbine inlet temperature may not become excessive. According to this example, since the number of valves can constitute the starter system of few gas turbines also with an easy control system, it is effective when you do not need quick start. Moreover, while high generation efficiency is maintainable at the time of gas turbine individual operation, the need is accepted during gas turbine individual operation, a fuel cell is warmed up and started, and it becomes possible to realize vibes lid operation with a gas turbine and a fuel cell.

[0032] According to the example shown in drawing 16 of the two to secondary example, it becomes possible to realize short-time starting of a gas turbine from the example 2-1 shown previously. That is, according to the configuration of this example, at the time of starting, since working medium bypasses a regenerator with large heat capacity and goes, it can shorten warm-up time. In this example, the component added to gas turbine starting becomes valves V1, V2, V4, and V5 and a list from the bypass piping BP1 and BP2, the auxiliary inlet valve V1 is formed in the same location as each above-mentioned example, and a flow control valve V5 is formed between (Regenerator R) outlet-air-preheater (AH) inlet ports. Moreover, are prepared so that the

bypass piping BP1 may link an air compressor (C1) outlet and a combustor (CC) inlet port directly, a flow control valve V2 is arranged in the medium, and also it is prepared so that the further bypass piping BP2 may link between (Regenerator R) outlet-flow-control-valve (V5) inlet ports and between the fuel cell (FC) outlet-(combustor CC) inlet ports directly, and a flow control valve V4 is arranged at the middle. What showed each valve by void all over drawing at the starting initiation event is opened (V1, V2), and what was smeared away black reversely is closed (V4, V5). The procedure of starting of a gas turbine engine and a fuel cell is as follows, and after it starts a gas turbine engine first, it starts a fuel cell. the gas turbine engine's itself starting --

**** -- first, V1 and V2 are made to V4, open and V5 are made close, and this is started, using the motor generator G by which coaxial connection was carried out with the turbine shaft as a starting motor. **** The inspired air volume and the outlet pressure of the inhalation-of-air compressor C1 go up as rotational speed rises. ****** In the place where the outlet pressure of an inhalation-of-air compressor reached the desired value, feed a fuel F3 into Combustor CC, and light it. ****** Increase a fuel until it increases the quantity of a fuel gradually and reaches a nominal speed. ****** If V1 is closed gradually after that, when the pressure of a ******** compressor (C2) inlet port becomes negative pressure gradually, and a turbine-compressor system produces a mechanical output, a motor generator will shift to a generator from a motor. ****** If V2 is closed gradually after that and V4 is opened, the compressed air d2 will come to pass Regenerator R, and thermal efficiency will rise. ****** An output increases according to charge fuel quantity, and a gas turbine reaches the condition of rated operation eventually. This is the individual operation of a gas turbine. Although warming up of a fuel cell is performed succeedingly and its starting and operation are performed, the procedure is explained below. After a gas turbine goes into the condition of individual operation, if V5 is gradually opened at the same time it closes ******V4 gradually, the compressed air d3 will come to pass to a fuel cell (FC) side. ****** By throwing in the fuel F1 for air preheating, and the fuel F2 for fuel cells if needed in this condition, the operational status which corresponds at the time of a stationary is acquired. In this case, the fuel F3 fed into Combustor CC is reduced gradually if needed, and should just go so that turbine inlet temperature may not become excessive.

[0033] The activation procedure is explained below also about the starting approach of the example 3 3rd operation gestalt, and the gas-turbine-power-generation system of this invention corresponding to the 3rd operation gestalt. Drawing 17 is the configuration schematic drawing which added the component for gas turbine starting to drawing 11. According to this example, early starting is realizable, and also even when a gas turbine independent combined and uses a fuel cell further, it can offer the gas-turbine-power-generation system which can be operated using a regenerative cycle. In this example, the component added to gas turbine starting becomes valves V1, V3, V5, V6, and V7, the auxiliary combustor B, and a list from the bypass piping BP3 and BP4, the auxiliary inlet valve V1 is formed in the same location as each above-mentioned example, and a flow control valve V5 is formed in the medium between (Regenerator R) outlet-air-preheater (AH) inlet ports. The bypass piping BP3 Moreover, between the inhalation-of-air compressor (C1) outlet-(regenerator R) inlet ports, It is prepared so that between fuel cell (FC) outlet-turbine (C1) inlet ports may be linked directly. the medium of pneumatic piping which a flow control valve V6 and the auxiliary combustor B are arranged in order from the upstream in the medium, and also connects an inhalation-of-air compressor (C1) outlet and a regenerator (R) inlet port -- and a flow control valve V3 is arranged at the back-wash side to which the above-mentioned bypass piping BP3 branched. The bypass piping BP4 which furthermore links between the flow-control-valve (V6) outlet-auxiliary (combustor B) inlet ports and between (Regenerator R) outlet-flow-control-valve (V5) inlet ports directly is formed, and a flow control valve V7 is formed in the medium. What showed each valve by void all over drawing at the starting initiation event is opened (V1, V6), and what was smeared away black reversely is closed (V3, V5, V7). starting of a gas turbine engine -- **** -- first, V1 and V6 consider as open, V3, V5, and V7 consider as close, and this is started, using the motor generator G by which coaxial connection was carried out with the turbine shaft as a starting motor. **** The inspired air volume and the outlet pressure of the inhalation-of-air compressor C1 go up as rotational speed rises. ****** In the place where the outlet pressure of an inhalation-of-air compressor reached the desired value, feed a fuel F4 into the auxiliary combustor B, and light it. ****** Increase a fuel until it increases the quantity of a fuel gradually and reaches a nominal speed. ****** If V1 is closed gradually after that, when the pressure of a ******** compressor (C2) inlet port becomes negative pressure gradually, and a turbine-compressor system produces a mechanical output, a motor generator will shift to a generator from a motor. If a fuel is further thrown in in this condition, an output will increase according to charge fuel quantity. ****** The desired amount of generations of electrical energy can be obtained by feeding a

fuel into Reheater RH further here in addition to the fuel charge to the auxiliary combustor B. ** If V3 and V7 are gradually opened at the same time it closes V6 gradually after that, air will flow to Regenerator R side, and if V6 is set to V3 and a close by-pass bulb completely and V7 set it opened fully, reheat / playback mold gas turbine cycle is formed, and it will be in the condition which can be operated by the gas turbine independent as it is. After it is the same as that of each above-mentioned example also about warming-up and starting of the following fuel cells and a gas turbine goes into the condition of individual operation, if V5 is opened gradually and it goes at the same time it closes **V7 gradually, the tempered air e3 which came out of Regenerator R to the air pole calcium side of a fuel cell will come to pass. The same operational status as the time of a stationary can be reached by supplying the fuel F2 for fuel cells to a fuel electrode An side if needed at this time. Moreover, the fuel F3 fed into Reheater RH is reduced gradually if needed, and should just go so that turbine inlet temperature may not become excessive.

[0034] An example is shown and collection / abatement facility of the water of condensation is explained to below example 4 auxiliary machinery and equipment. Drawing 18 shows a suitable example of collection / abatement facility of the water of condensation produced in a gas-turbine-power-generation system. In the working medium in a gas turbine cycle, the moisture contained in inhalation of air and the moisture produced by the combustion reaction of the hydrocarbon in a fuel and oxygen are contained. If it passes a syngas cooler under low voltage and will be in low temperature and a low voltage condition, it may appear as the water of condensation and may be in the so-called 2 phase style condition. If it goes into a **** compressor in this condition, not only the compressor engine performance falls, but the corrosion of piping and the erosion of an impeller may occur. In order to avoid this risk, it is necessary to remove the water of condensation in gas exactly. Then, the following can be considered as a clearance means of this water of condensation.

1) The 1st means is a means to discharge outside the drain which prepared drain **** in the lowest location of piping which connects syngas cooler GC and a **** compressor (C2) inlet port, and collected here with a small drainage pump, first.

2) Moreover, the 2nd means is a means to install a steam separator in the middle of piping which connects syngas cooler GC and a **** compressor (C2) inlet port, and to separate the moisture in gas. Drawing 18 shows an example of a water-of-condensation clearance facility which used this means. What uses the turn of an air current with ** guidance plate etc., ** centrifugal-force operation, or the actuation to ** baffle as a steam separator can be used.

3) Furthermore, a means to form the scrubber of the baffle metallurgy network of a corrugated plate for the rate of an air current in lowering and its part, and to separate the moisture in gas may be used as the 3rd means by considering a part of piping which connects between syngas cooler GC outlet-**** compressor (C2) inlet ports as amplification piping.

the above -- it is the same even if it is the case where clearance of drain water was possible, and also these are combined with any means. Moreover, what is necessary is just to use the ejector mechanism of steamy actuation as a wastewater means of drain ***** and others of the drain water by which uptake was carried out with the above-mentioned means, when ** steam other than a ** small drainage pump can be used. Since it needs a steam in reforming a methane fuel especially, branching and using from there is rational. ** The approach of using the ejector mechanism of compressed-air actuation again is also possible. The compressed air has the advantage from which a special ancillary facility becomes unnecessary, if a part of outlet air of an inhalation-of-air compressor is used.

[0035] It is also possible to separate the overexpansion turbine T2 and the **** compressor C2 which constitute the 2nd heat cycle device from the body of a system as an example of a configuration different from simple and the 1st operation gestalt of the economical operation gestalt above of example 5 this invention thru/or the 3rd operation gestalt, and to constitute the gas-turbine-power-generation system of this invention. The example is shown in drawing 19 and drawing 20. The gas-turbine-power-generation system of this invention by which drawing 19 separated the overexpansion turbine and the **** compressor, and the gas-turbine-power-generation system which drawing 20 combined the fuel cell with this, and used are shown. It can substitute for this 2nd heat cycle device (put together as the overexpansion turbine T2 and the **** compressor C2) by using a general-purpose supercharger as it is, and a supercharger can use what is used as a turbocharger of an automobile engine or the engine for marine vessels. In that case, the part surrounded with the broken line in drawing 19 and drawing 20 is transposed to a supercharger. It can consider as the economical system which

raised energy utilization effectiveness conventionally, being able to constitute simply, since the gas-turbine-power-generation system of this invention can be constituted from combining a usual playback type micro gas turbine and a usual general-purpose supercharger, if it carries out like this. Furthermore, since a supercharger part is made on the shaft and another shaft to which a generator is connected, it also becomes possible to always drive a supercharger near [most efficient] the rotational frequency. In addition, like the 3rd operation gestalt, between an expansion turbine T1 and the overexpansion turbine T2, a reheater can be put in and energy utilization effectiveness can be raised further. Moreover, separate the part of a supercharger (T2 and C2), connect suitably for X point in drawing, and Y points for the bypass piping BP5, and the outlet of an expansion turbine T1 is connected with the gas side entrance of Regenerator R. If the exhaust air c7 from the gas side outlet of Regenerator R or d9 is emitted into atmospheric air as they are as the broken line showed, since the conventional playback type gas turbine cycle will be formed For example, like winter or a cold district, when the need of exhaust heat utilization is large, it can respond at any time by the change of an operation situation, and it is useful.

[0036] Its thermal efficiency is high, and since the gas turbine system of example this invention as a source for example 6 machine actuation of power can take out many axial driving force from the conventional gas turbine system, it is useful also as a power system. Therefore, it is possible by replacing with a generator and connecting rotary machine loads, such as a propeller, to the axis end of a power turbine with a generator to use the gas turbine system of this invention as a source for machine actuation of power except a generation-of-electrical-energy application. Especially, it is thought that the activity as the source of power driven and power source of a marine vessel, and a prime mover of a drainage pump is appropriate. It is constituting as a power turbine which connected the inhalation-of-air compressor C1, the expansion turbine T1, and the **** compressor C2 with the 1st one driving shaft, considered as the gas generator, and connected another side and the overexpansion turbine T2 with 2nd driving shaft with the 1st another driving shaft, and it is also possible to use the gas turbine system of this invention as the so-called tandem-drum-arrangement gas turbine so that it may furthermore illustrate to drawing 21 . Thus, if constituted, the 2nd driving shaft is not governed by the rotational frequency of the 1st driving shaft, but can be driven at the rotational frequency of a request of the rotary machine load connected to the 2nd driving shaft.

[0037] Although the above-mentioned example explained the fuel cell which combined with the gas turbine engine and is used in the gas-turbine-power-generation system of another example this invention of application of example 7 fuel cell by mentioning a pressurized fuel cell from the point that high voltage and high temperature can be used, it is also possible to apply an atmospheric fuel cell with a gestalt which is described below in this invention. One suitable example of the gas-turbine-power-generation system which combined and used the gas turbine cycle and atmospheric fuel cell of this invention for drawing 22 is shown. Since an atmospheric fuel cell operates near the ordinary pressure of an abbreviation atmospheric pressure, when applying in the gas-turbine-power-generation system of this invention, if the point that the exhaust air which came out of the expansion turbine T1 is an abbreviation atmospheric pressure is taken into consideration, it can arrange in the medium of an expansion turbine T1 and the overexpansion turbine T2. When this atmospheric fuel cell is combined and used for the gas-turbine-power-generation system of this invention, since the shift to concomitant use operation from the individual operation of a gas turbine with a fuel cell and a gas turbine is performed by dealing with the gas of ordinary pressure, it is advantageous at insurance and the point which can be performed easily. Namely, what is necessary is to close V9 and just to operate, while opening V8 at the time of the individual operation of a gas turbine. On the other hand, what is necessary is to close V8 and just to operate, while opening V9 at the time of concomitant use operation with a fuel cell and a gas turbine. Moreover, since the capacity which goes to a fuel cell side can be adjusted by adjusting the opening of V8 and V9 suitably at the time of the shift to concomitant use operation from the individual operation of a gas turbine with a fuel cell and a gas turbine, it is possible at the time of shift operation by the rated output in the steady state from the warm-up of an early fuel cell and to perform both load adjustment easily further. In addition, in order to carry out the perfect combustion of the unburnt fuel after a fuel cell outlet, if it requires, a reheater will be installed before the overexpansion turbine T2.

[0038]

[Effect of the Invention] As explained above, according to the gas-turbine-power-generation system of this invention Since the heating value emitted outside is reduced in comparison with the conventional gas-turbine-

power-generation system, without being changed into work even if the heating value and fuel quantity to give are the same, The remarkable effectiveness that more electric generating power can be taken out will be acquired, especially it contributes to the cutback of electric power generation cost dramatically at the same time a gas turbine engine's fuel consumption improves as a result. In building especially a small distributed energy system, it is the most effective. It is clearer than the above that it is also possible to contribute also to reduction of carbon-dioxide emissions as a result furthermore. Moreover, it can utilize besides a generation-of-electrical-energy application, and the gas turbine system of this invention can obtain thermal efficiency high as a gas turbine power system, and axial big driving force.

[Translation done.]

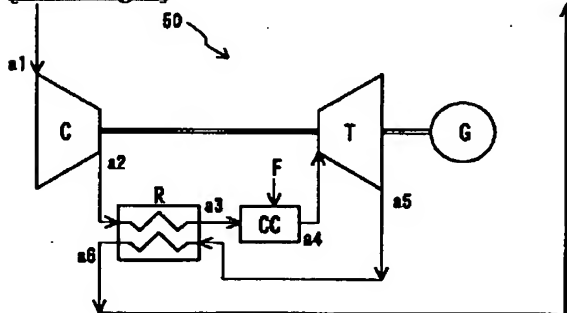
* NOTICES *

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

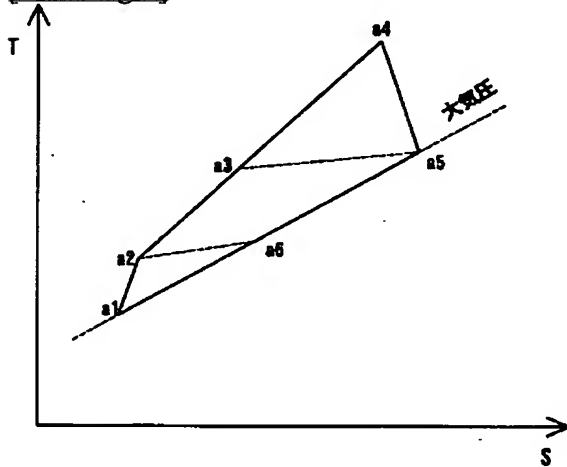
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DRAWINGS

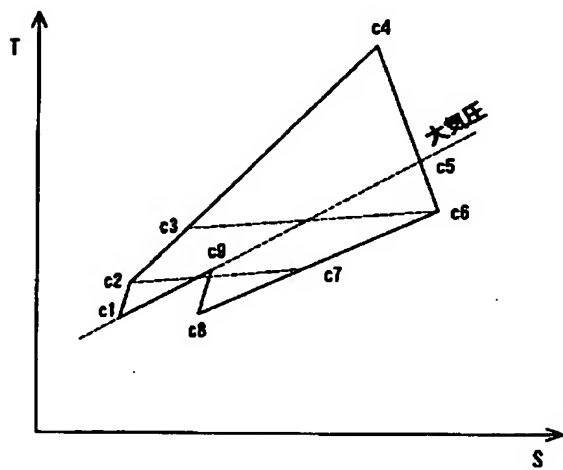
[Drawing 1]



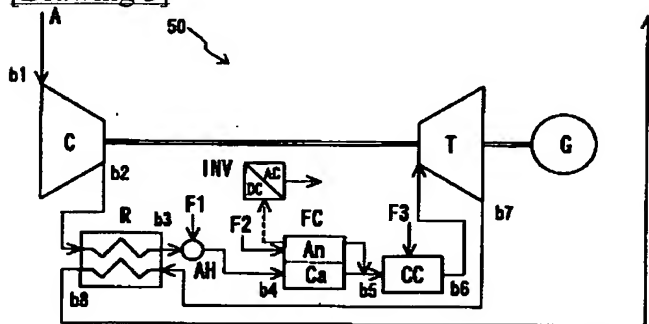
[Drawing 2]



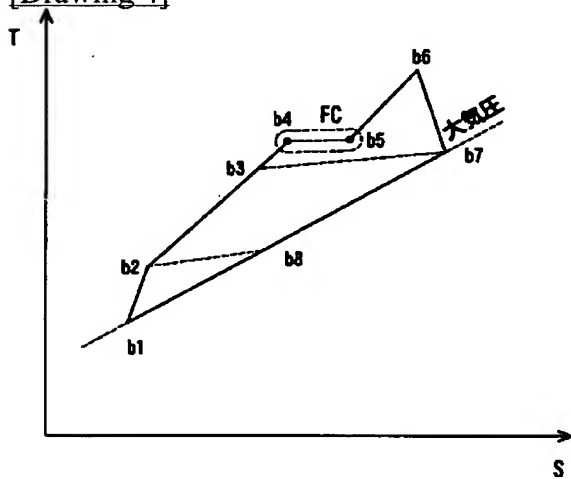
[Drawing 6]



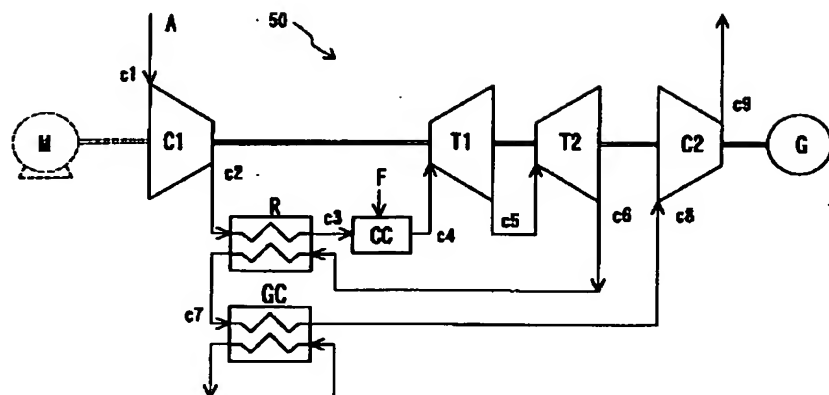
[Drawing 3]



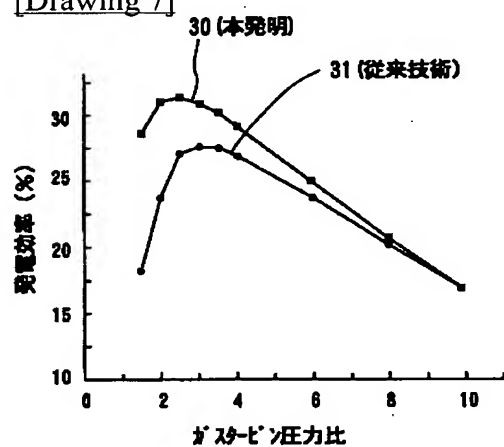
[Drawing 4]



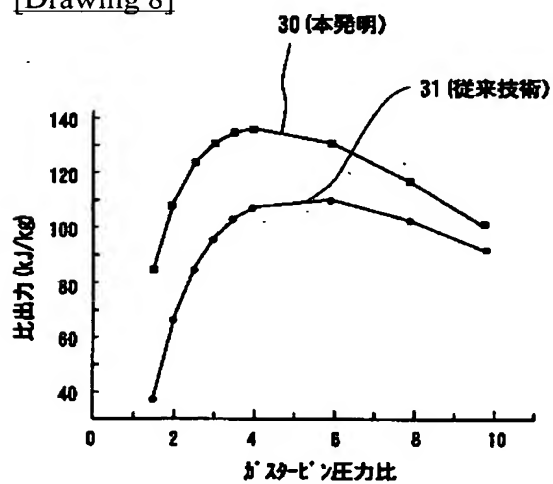
[Drawing 5]



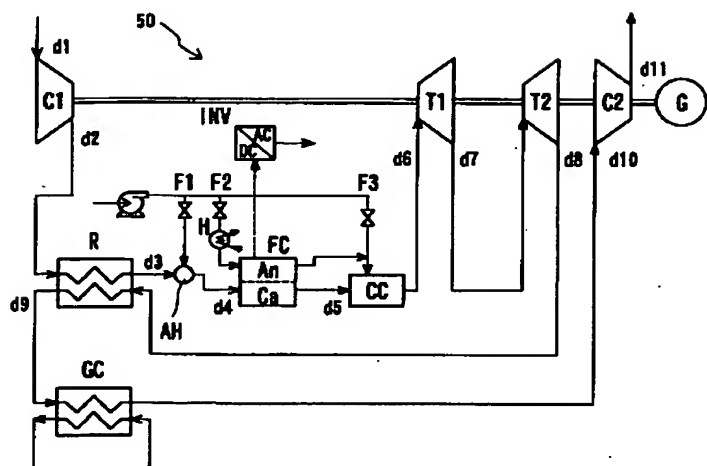
[Drawing 7]



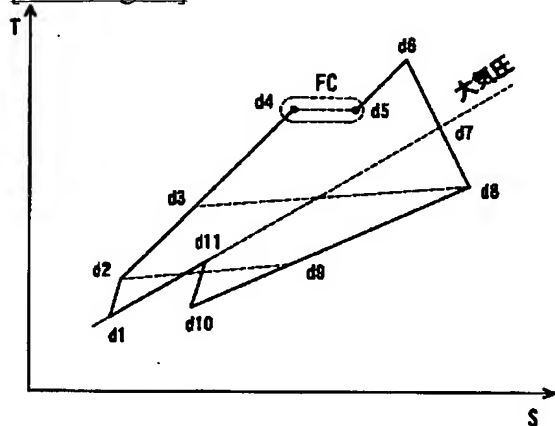
[Drawing 8]



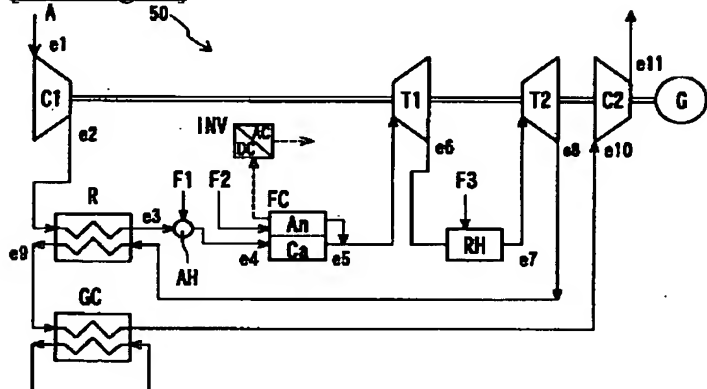
[Drawing 9]



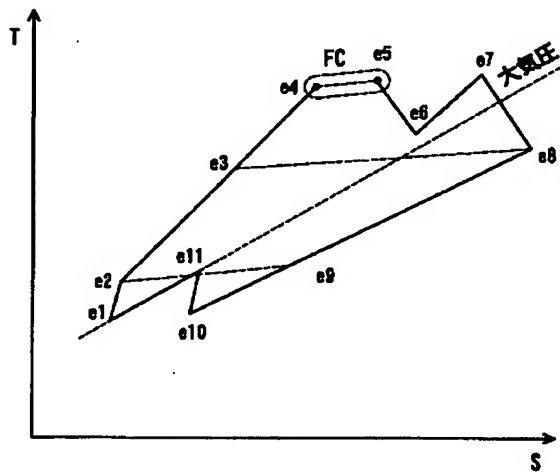
[Drawing 10]



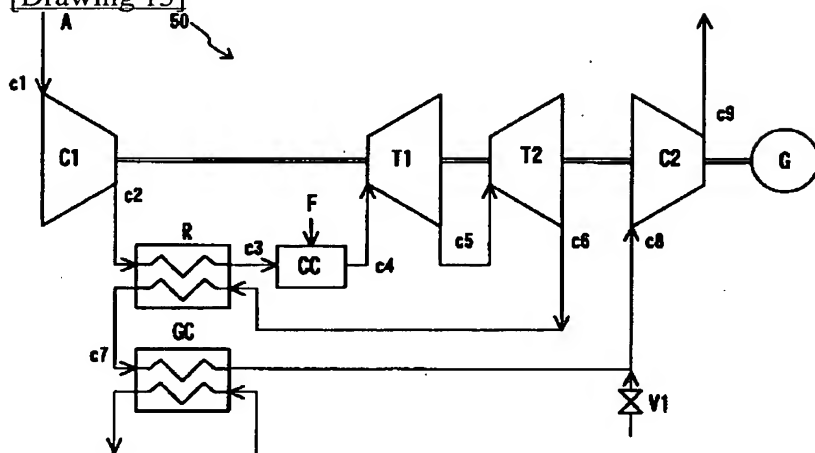
[Drawing 11]



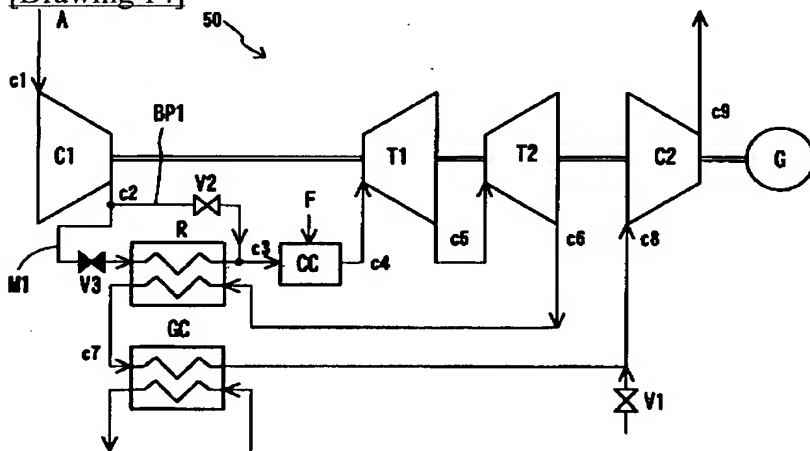
[Drawing 12]



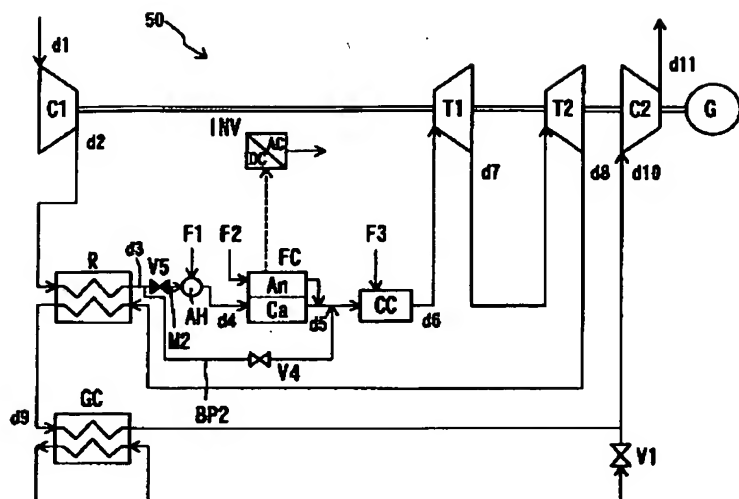
[Drawing 13]



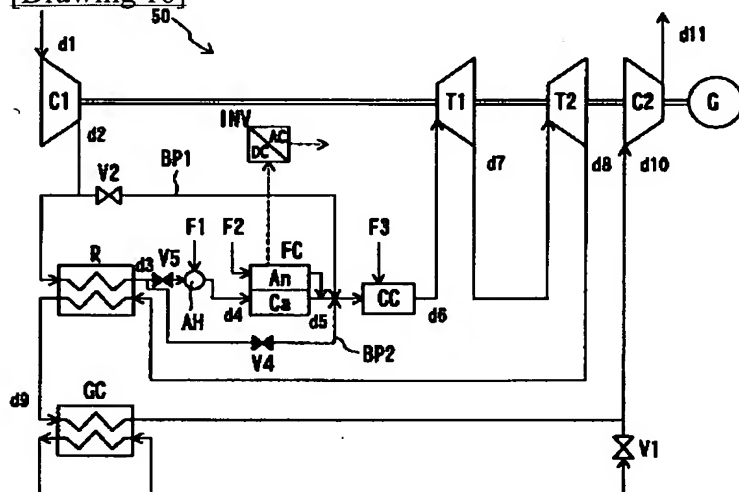
[Drawing 14]



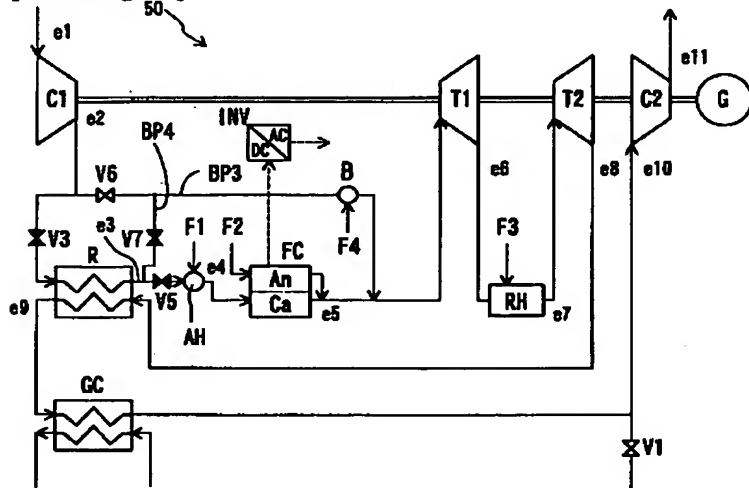
[Drawing 15]



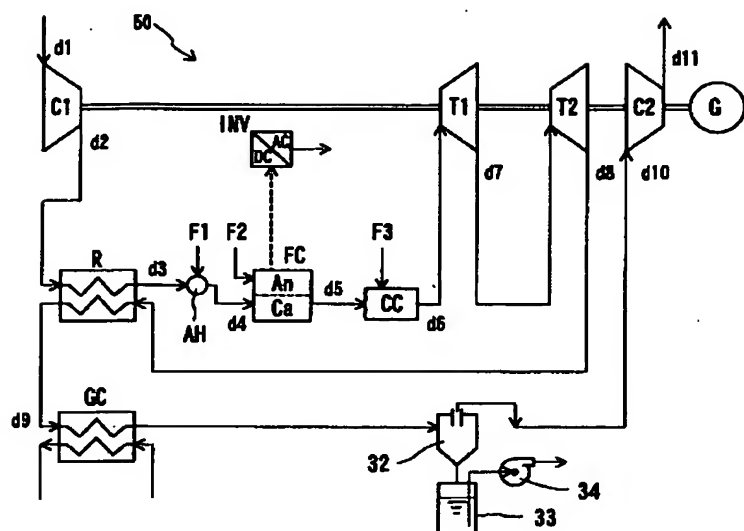
[Drawing 16]



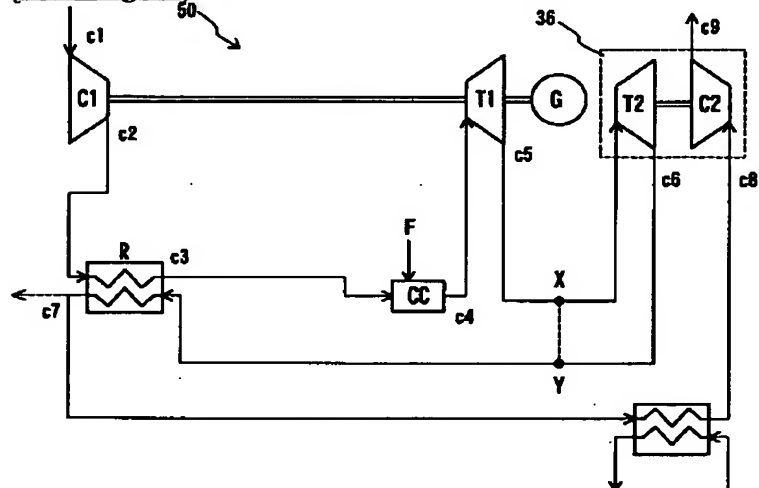
[Drawing 17]



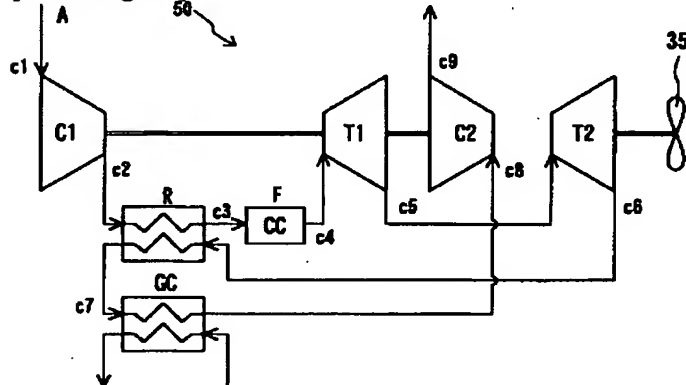
[Drawing 18]



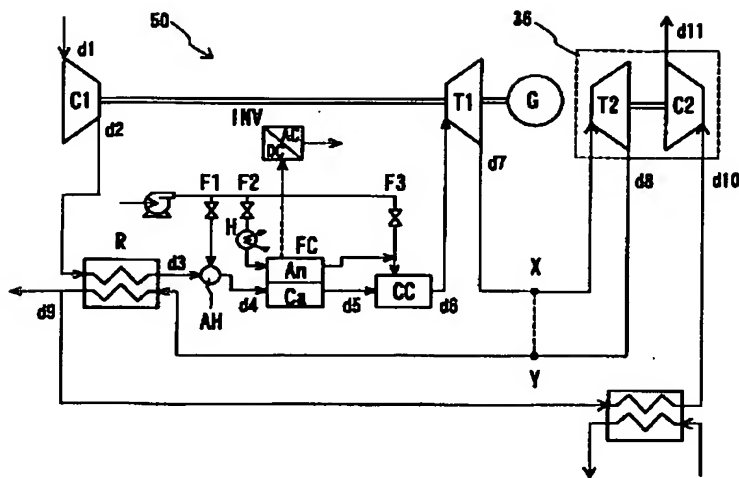
[Drawing 19]



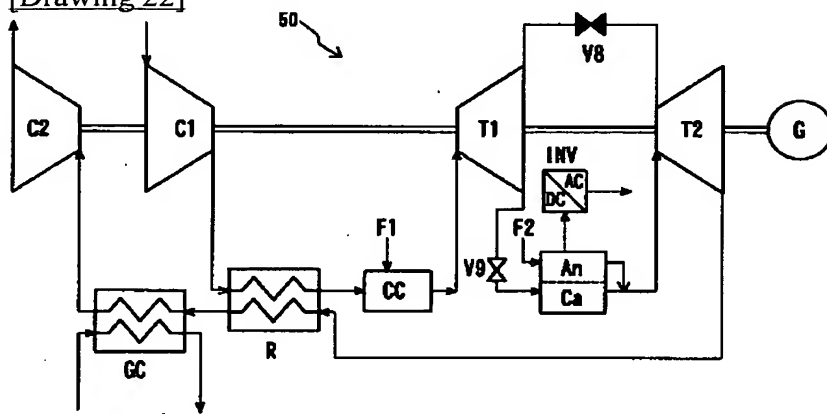
[Drawing 21]



[Drawing 20]



[Drawing 22]



[Translation done.]

This Page is inserted by IFW Indexing and Scanning Operations and is not part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☒ COLORED OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REPERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning documents *will not* correct images problems checked, please do not report the problems to the IFW Image Problem Mailbox